Лекция 1. Введение.

План лекции:

1. *Предмет физической и коллоидной химии.*
2. *Что такое физическая химия?*
3. *Что такое коллоидная химия?*
4. *Значение физической и коллоидной химии.*

1. Предмет физической и коллоидной химии.

Физическая и коллоидная химия — фундаментальные дисциплины, изучающие общие законы химических превращений (термодинамика, кинетика) и свойства дисперсных систем (эмульсии, гели) на границе раздела фаз. Их значение заключается в оптимизации производственных процессов, создании новых материалов (нанотехнологии, полимеры) и понимании биологических процессов.

Исторически основными предметами биологии как науки были описание и классификация живых объектов. Современная биология сильно изменилась. Одна из ключевых задач биологии сегодня – понять, что собой представляет живая природа на молекулярном уровне. Появились новые экспериментальные методы, подходы к обработке данных, а сама биология из в значительной степени качественной дисциплины превратилась в количественную. Это требует от современного биолога владения математическим аппаратом и разносторонней теоретической подготовки, в том числе, в смежных областях науки, таких как физическая и коллоидная химия. Методы и теоретические представления физической химии широко применяются в современной биологии. Можно вспомнить слова знаменитого российского физиолога И.М. Сеченова: «Физиолог — это физико-химик, имеющий дело с явлениями в живых организмах».

Нобелевский лауреат И.П. Павлов писал: «Клетка в некотором отношении похожа на физико-химическую лабораторию. Понятно, что там надо ждать и всех тех явлений, которые бывают при физико-химических процессах». Хотя изучение предмета физической химии в том виде, в котором он излагается студентам химических направлений, связано с широким применением математического анализа, освоение основных принципов возможно и с использованием минимального математического аппарата. Именно на это направлено настоящее пособие.

Физическая химия – область науки, лежащая на стыке физики и химии. Химия исследует свойства и превращения веществ. В физической химии для этих целей применяются теоретические и экспериментальные методы из области физики. Физико-химики часто объясняют макроскопические явления, используя представления о молекулярной структуре вещества. Понимание энергетики биологических процессов основывается на принципах термодинамики – области науки, исследующей взаимопревращения разных форм энергии. Также в рамках химической термодинамики изучается химическое и фазовое равновесие, определяющее направление различных процессов и конечный состав смесей. Явление осмоса и понижение температуры замерзания биологических жидкостей описываются законами химии растворов. Скорость химических процессов, в том числе идущих в живых организмах, исследует химическая кинетика. Другим важным разделом физической химии является электрохимия, в рамках которой рассматриваются процессы, которые протекают на границе раздела фаз между проводниками. Применение электрохимии к живым системам привело к развитию неврологии и биоинженерии. Важным разделом физической химии является коллоидная химия, которая исследует поверхностные явления и свойства дисперсных систем, т.е. систем с развитой поверхностью, состоящих 5 из множества небольших частиц, пор или тонких пленок, в частности, таких как суспензии, эмульсии, пены. К таковым относятся и биологические жидкости.

Термин «физическая химия» впервые был использован немецким алхимиком Генрихом Кунратом в 1598-м году; в XVII—XVIII вв. этот термин являлся общепринятым для обозначения того, что сегодня мы называем «теоретической химией».

В отечественной историографии химии считается, что начало физической химии было положено в середине XVIII века. Термин «Физическая химия», в современном понимании методологии науки и вопросов теории познания, принадлежит М. В. Ломоносову, который в 1752 году впервые читал студентам Академического университета «Курс истинной физической химии». В преамбуле к этим лекциям он даёт такое определение: «Физическая химия — наука, которая должна на основании положений и опытов физических объяснить причину того, что происходит через химические операции в сложных телах». Учёный в трудах своей корпускулярно-кинетической теории тепла касается вопросов, в полной мере отвечающих вышеизложенным задачам и методам. Именно такой характер носят и экспериментальные действия, служащие подтверждению отдельных гипотез и положений настоящей концепции.

М. В. Ломоносов следовал таким принципам во многих направлениях своих исследований: в разработке и практической реализации основанной им же «науки о стекле», в различных опытах, посвящённых подтверждению закона сохранения вещества и силы (движения); — в работах и экспериментах, имеющих отношение к учению о растворах — им была разработана обширная программа исследований настоящего физико-химического феномена, находящаяся в процессе развития до настоящего времени.

Затем последовал более чем столетний перерыв и одним из первых в России физико-химические исследования в конце 1850-х годов начал Д. И. Менделеев. Следующий курс физической химии читал уже Н. Н. Бекетов в Харьковском университете в 1865 году. Во второй половине XIX века значительный вклад в развитие физической химии сделал американец Гиббс.

Первый научный журнал, предназначенный для публикации статей по физической химии («Zeitschrift für physikalische Chemie»), был основан в 1887 году В. Оствальдом и Я. Вант-Гоффом.

Первая в России кафедра физической химии была открыта в 1914 году на физико-математическом факультете Санкт-Петербургского университета, осенью приступил к чтению обязательного курса и практическим занятиям по физической химии ученик Д. П. Коновалова М. С. Вревский.

Предмет изучения физической химии

Физическая химия является основным теоретическим фундаментом современной химии, использующим теоретические методы таких важнейших разделов физики, как квантовая механика, статистическая физика и термодинамика, нелинейная динамика, теория поля и др.

Она включает учение о строении вещества, в том числе: о строении молекул, химическую термодинамику, химическую кинетику и катализ.

В качестве отдельных разделов в физической химии выделяют также электрохимию, фотохимию, физическую химию поверхностных явлений (в том числе адсорбцию), радиационную химию, учение о коррозии металлов, физико-химию высокомолекулярных соединений (см. физика полимеров) и др. Весьма близко примыкают к физической химии и подчас рассматриваются как её самостоятельные разделы коллоидная химия, физико-химический анализ и квантовая химия. Большинство разделов физической химии имеет достаточно чёткие границы по объектам и методам исследования, по методологическим особенностям и используемому аппарату.

В XVII и XVIII столетиях между физикой и химией проводилась резкая граница, и все явления природы четко делились на физические и химические. Однако в XIX веке, особенно во второй его половине, постепенно становилось все более ясным, что невозможно установить определенные границы между этими науками, так как нельзя отделить

физические явления от химических.

Химические реакции всегда связаны с разнообразными физическими процессами: выделением или поглощением тепла, излучением или поглощением электромагнитных колебаний, возникновением электрического тока при прохождении реакции в гальваническом элементе, протеканием химических реакций при пропускании тока и т.д. Эту связь между физикой и химией отмечал уже Ломоносов, который писал: "Химик без знания физики подобен человеку, который всего должен искать ощупом. И сии две науки так едины между собой, что одна без другой в совершенстве быть не могут". Ломоносов назвал физической химией науку, "объясняющую на основании опытов физических причину того, что происходит через химические процессы в сложных телах".

Однако лишь спустя более века после Ломоносова идея о плодотворности слияния физики и химии в особой науке – физической химии – получила глубокое признание в трудах многих выдающихся ученых (Бекетов, Оствальд, Менделеев, Вант-Гофф и др.).

В 1863 г. Н.Н. Бекетов организовал в Харьковском университете отделение физической химии и начал читать студентам курс лекций по этой дисциплине, определив ее как науку, которая занимается "соотношением физических и химических свойств... Хотя мы и различаем физические и химические свойства тел, тем не менее и те и другие суть выражение строения и свойств мельчайших частиц... В природе эти два условия существования материи, конечно, не разделены".

Большое значение для становления физической химии как самостоятельной науки имела деятельность В.Оствальда, который в 1887 г. организовал кафедру физической химии и учебную лабораторию в Лейпцигском университете, а также начал издание первого журнала, посвященного этой науке: "Zeitschrift fur Physikalische Chemie".

Во второй половине XIX в. новая наука стала бурно развиваться благодаря трудам блестящей плеяды химиков (Оствальд, Вант-Гофф, Бекетов, Менделеев, Аррениус, Коновалов, Рауль, Фарадей, Гиббс, Нернст и многие другие). Быстрое развитие и растущее значение физической химии связано с ее пограничным положением между физикой и химией. Физическая химия, как пограничная наука, охватывает изучаемые ею явления с нескольких сторон и таким путем познает сложные и взаимосвязанные явления материального мира.

Физическая химия уделяет главное внимание исследованию законов протекания химических процессов во времени и законов химического равновесия. Основная общая задача физической химии – предсказание временного хода химического процесса и конечного состояния (состояния равновесия) в различных условиях на основании данных о строении и свойствах молекул веществ, составляющих изучаемую систему.

Современные неорганическая, аналитическая и органическая химии широко пользуются физико-химическими закономерностями и методами для разрешения общих и конкретных проблем, стоящих перед ними. Велико и постоянно возрастает значение физико-химических исследований в развитии химической промышленности (основной органический и неорганический синтез, нефтехимия, производство пластических масс и химического волокна и др.) и многих других отраслей (металлургия, нефтяная промышленность, производство полупроводников, разработка химических источников тока и т.д.), сельского хозяйства, биологии и медицины и др.

Из сказанного выше вытекает значение физической химии как важной учебной дисциплины, изучению которой уделяют большое внимание в химических, химико-технологических, горнометаллургических, сельскохозяйственных, медицинских и других высших учебных заведениях.

Разнообразие объектов и явлений, изучаемых физической химией, сложность связей между свойствами веществ и характером протекающих процессов привели к подразделению физической химии на отдельные основные разделы, некоторые из которых можно рассматривать сейчас и как отдельные науки. Естественно, что такое подразделение

достаточно условно, так как невозможно провести четкие границы между разными разделами, но в то же время оно является полезным и облегчает систематическое изучение физической химии.

Ниже приводится перечисление и краткая характеристика этих основных разделов.

Строение вещества. Этот раздел включает в себя строение атомов, строение молекул и учение об агрегатных состояниях. В связи с тем, что вопросы этого раздела относятся в значительной степени к физике, а также рассматриваются в курсах общей химии и квантовой химии, в настоящий курс этот раздел не включен.

Химическая термодинамика. В этом разделе на основе законов общей термодинамики излагаются законы химического равновесия и учение о фазовых равновесиях, а также энергетика химических процессов. Законы химической термодинамики широко используются также в других разделах физической химии.

Учение о растворах. Целью этого раздела является объяснение и предсказание свойств растворов на основании свойств веществ, составляющих раствор. Важность этого раздела следует хотя бы из того, что подавляющее большинство химических реакций протекает в растворах. В нашем курсе основное внимание будет уделено термодинамическим свойствам растворов.

Электрохимия. Изучается взаимодействие электрических явлений и химических реакций (электролиз, химические источники электрического тока). В электрохимию также обычно включают учение о свойствах растворов электролитов и ионных равновесиях, которое можно было отнести и к учению о растворах.

Химическая кинетика и катализ. В этом разделе изучается скорость химических реакций, ее зависимость от внешних условий, связь скорости реакции со строением и энергетическим состоянием реагирующих молекул, влияние катализатора на скорость.

Учение о поверхностных явлениях. В нашем курсе кратко рассматриваются вопросы термодинамики поверхностного слоя и адсорбции. Более детально поверхностные явления изучаются в курсе коллоидной химии.

Приведенный перечень основных разделов физической химии не охватывает некоторых недавно возникших областей и более мелких разделов этой науки, которые можно рассматривать как самостоятельные разделы физической химии или как части более крупных разделов. Это, например, радиационная химия, физико-химия высокомолекулярных веществ, магнетохимия, газовая электрохимия, биотермодинамика и др. Значение некоторых из них в настоящее время быстро растет.

Методы физико-химического исследования. Основными методами физической химии являются, естественно, методы физики и химии.

Это прежде всего экспериментальный метод – исследование зависимости свойств веществ от внешних условий и экспериментальное изучение законов протекания химических реакций во времени и законов химического равновесия.

Теоретическое осмысливание экспериментального материала и создание стройной системы знаний основано на методах теоретической физики – термодинамическом, квантово-механическом, методе статистической физики.

Современные физико-химические исследования в любой конкретной области характеризуются применением разнообразных экспериментальных и теоретических методов. Вся совокупность данных и теоретических методов используется для достижения основной цели – выяснения зависимости направления, скорости и пределов протекания химических превращений от внешних условий и от строения молекул веществ, участвующих в реакции.

2. Что такое физическая химия?

Физическая химия — это фундаментальная наука, которая объясняет химические явления на основе физических законов и экспериментов.

Простыми словами: если общая химия говорит «что и как реагирует», то физическая химия отвечает на вопросы «почему?», «с какой скоростью?», «сколько энергии выделится?» и «возможно ли это в принципе?».

Основные разделы физической химии:

1. Химическая термодинамика — изучает энергетику реакций (теплота, работа, возможность самопроизвольного течения процесса).
2. Химическая кинетика — изучает скорость реакций и их механизм (через какие стадии идет процесс).
3. Электрохимия — связь химических реакций с электричеством (батарейки, коррозия).
4. Фотохимия — химические реакции под действием света (фотосинтез, старение красок).
5. Квантовая химия — строение молекул и электронных оболочек.
6. Учение о растворах — свойства жидких смесей (идеальные и реальные растворы).

Ключевой инструмент: математика. Законы физической химии выражаются в виде строгих уравнений.

3. Что такое коллоидная химия?

Коллоидная химия — это наука о дисперсных системах (смесях, где одно вещество раздроблено внутри другого) и поверхностных явлениях.

Главное отличие: объект изучения — не чистые вещества и не молекулярные растворы (как сахар в воде), а микрогетерогенные системы. Размер частиц в таких системах — от 1 до 100 нм (иногда до мкм).

Примеры коллоидных систем:

- Твердое в газе: дым, пыль.
- Жидкое в газе: туман, аэрозоль.
- Твердое в жидкости: суспензии (зубная паста), гели.
- Жидкое в жидкости: эмульсии (молоко, майонез).

Основные темы коллоидной химии:

1. Поверхностные явления — адсорбция (накопление вещества на границе раздела фаз).
2. Устойчивость коллоидов — как предотвратить слипание частиц.
3. Электрокинетические свойства — движение частиц в электрическом поле (электрофорез).
4. Структурообразование — почему гели и пасты держат форму.

Ключевой инструмент: внимание к границе раздела фаз (огромная суммарная поверхность маленьких частиц).

3. Почему их часто изучают вместе?

Эти две дисциплины тесно переплетены в классических университетских курсах (особенно для химиков, биологов и технологов) по трем причинам:

1. Общая база: поверхностные явления (адсорбция, смачивание) описываются методами физической химии (термодинамикой).
2. Единый подход: и физическая, и коллоидная химия используют физические модели (статистика, электродинамика) для описания сложных систем.
3. Практика: большинство реальных веществ и продуктов (почвы, ткани, клетки, нефть, краски) — это коллоидные системы, поведение которых подчиняется законам физической химии.

Физическая химия дает законы, коллоидная химия применяет их к раздробленному веществу.

4. Главные практические задачи (примеры)

Область	Пример задачи
Нефтепереработка	Рассчитать скорость каталитического крекинга

Область	Пример задачи
	(кинетика).
Фармация	Сделать стабильную эмульсию или мазь, которая не расслаивается (коллоидная химия).
Металлургия	Изучить диаграмму состояния сплава (термодинамика).
Пищевая промышленность	Предотвратить свертывание молока или замерзание эмульсии майонеза.
Экология	Удалить токсины с помощью адсорбции (например, активированным углем).

5. Ключевые понятия для старта

Если вы только начинаете изучать предмет, обратите внимание на эти «киты»:

1. Энергия Гиббса (G) — критерий возможности самопроизвольного процесса. Если $\Delta G < 0$ — реакция идет сама.
2. Скорость реакции — как концентрация веществ влияет на то, насколько быстро произойдет превращение.
3. Адсорбция — концентрирование вещества на поверхности (например, краситель оседает на ткани).
4. Коагуляция — слипание коллоидных частиц (то, что происходит в прокисшем молоке или в грязном воздухе).

Физическая химия изучает глубинные законы превращений веществ (энергия, скорость, равновесие). Коллоидная химия изучает поведение систем с очень маленькими частицами и огромной поверхностью раздела. Вместе они дают инженеру или ученому инструменты для управления реальными процессами — от синтеза лекарств до очистки сточных вод.

4. Значение физической и коллоидной химии.

Значение физической и коллоидной химии выходит далеко за рамки академической науки, поскольку эти дисциплины образуют теоретический фундамент для понимания практически любых химических, биологических и технологических процессов в реальных условиях.

Физическая химия даёт ключ к управлению химическими реакциями: она позволяет предсказать, будет ли процесс протекать самопроизвольно, сколько энергии при этом выделится или поглотится, как изменить скорость реакции и сместить равновесие в нужную сторону. Без этих знаний невозможно сознательное создание новых материалов, лекарств, катализаторов или источников энергии.

Коллоидная химия, в свою очередь, объясняет поведение систем, в которых вещество раздроблено до микроскопических частиц, а именно такие системы окружают нас повсеместно: это и биологические жидкости (кровь, лимфа), и продукты питания (молоко, масло, майонез), и почвы, и строительные смеси, и многие лекарственные формы.

Понимание законов адсорбции, устойчивости и коагуляции позволяет бороться с загрязнением воздуха и воды, разрабатывать эффективные моющие средства, создавать стабильные эмульсии и предотвращать разрушение материалов. Вместе физическая и коллоидная химия дают инженеру и исследователю язык, на котором можно описать и рассчитать реальный процесс — не в идеализированных условиях пробирки, а с учётом

поверхностей, дисперсности частиц и энергетических ограничений. Именно поэтому эти науки лежат в основе химической технологии, фармации, нефтепереработки, производства полимеров и даже моделирования клеточных процессов в биохимии.

Значение физической и коллоидной химии проявляется прежде всего в том, что они стирают грань между фундаментальным знанием и практическим действием. Если общая химия дает представление о веществах и их превращениях, то физическая химия отвечает на вопрос «достижимо ли это в принципе?», а коллоидная — на вопрос «как поведет себя реальная смесь, а не идеальный раствор?». Без физической химии невозможно было бы создание современных аккумуляторов и топливных элементов, потому что только расчеты энергии Гиббса и электрохимических потенциалов позволяют подобрать пары электродов и электролиты, работающие эффективно и долго.

Без коллоидной химии оставались бы загадкой такие привычные вещи, как загустевание соуса при охлаждении, устойчивость пены в пиве или то, почему лекарство в виде суспензии действует иначе, чем тот же препарат в истинном растворе.

В промышленности физическая химия позволяет минимизировать энергозатраты: зная температурную зависимость константы равновесия, инженер выбирает оптимальную температуру для синтеза аммиака или метанола, чтобы не греть реактор впустую. А коллоидная химия дает способы разделения трудноотделимых смесей — например, флотацию руд, где пузырьки воздуха избирательно прилипают к частицам ценного минерала благодаря регулировке поверхностного натяжения.

В медицине эти две науки вместе объясняют, почему белок в крови не выпадает в осадок, как доставить лекарство к нужному органу, используя липосомы (коллоидные пузырьки), и почему при воспалении меняется вязкость синовиальной жидкости в суставах. Особенно ярко значение физической и коллоидной химии видно на стыке с биологией. Живая клетка — это сложнейшая коллоидная система, где мембраны, цитоплазма и органеллы существуют в метастабильном равновесии, а все биохимические реакции подчиняются законам термодинамики и кинетики. Ферментативный катализ — чисто физико-химическое явление, а транспорт ионов через мембрану описывается уравнениями электрохимии. Без понимания этих основ современная биохимия и молекулярная биология были бы просто описательными науками.

Наконец, экологическое значение этих дисциплин трудно переоценить. Адсорбция загрязнителей активированным углем, коагуляция взвесей в сточных водах, разложение озона под действием света, скорость окисления метана в атмосфере — все это задачи, решаемые физической и коллоидной химией. Они превращают химию из науки «что получится, если смешать» в точное инженерное искусство, где можно рассчитать, спроектировать и предсказать результат еще до того, как реактор запущен в работу.

Контрольные вопросы:

1. Что является предметом изучения физической химии и чем она отличается от общей химии?
2. Какие основные разделы включает в себя физическая химия? Кратко охарактеризуйте каждый.
3. Что такое коллоидная химия? Какие системы она изучает?
4. Почему коллоидную химию часто рассматривают как часть физической химии? Назовите общую основу.
5. Приведите примеры коллоидных систем из природы и быта. По какому признаку их относят к коллоидам?
6. Какие два главных «кита» лежат в основе физической химии (назовите по одному из термодинамики и кинетики)?
7. Что изучает химическая термодинамика? Какую роль в ней играет энергия Гиббса?

8. Значение физической и коллоидной химии.

Рекомендуемая литература:

1. Конюхов В.Ю. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 1. Физическая химия: учебник для среднего профессионального образования / В.Ю. Конюхова, К. И. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 259 с.

2. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия: учебник для вузов / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. — 7-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 444 с. — (Высшее образование).

3. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия: учебник и практикум для вузов / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 452 с.

4. Коллоидная химия. Примеры и задачи: учебное пособие для вузов / В.Ф. Марков, Т. А. Алексеева, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева; под научной редакцией В. Ф. Маркова. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 186 с.