**Название дисциплины**:   
Как природа и человек управляют химическими реакциями.

**Название дисциплины на английском языке**:   
How nature and man control chemical reactions

**Краткая аннотация**:

Оригинальный курс разработан для студентов естественно-научных и гуманитарных специальностей МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках программы Межфакультетских учебных курсов МГУ.

Целью курса является предоставление фундаментальных и практических знаний о многообразии химических процессов в природе и деятельности человека, способах воздействия на их глубину и скорость. Химические свойства веществ в доступной форме рассматриваются с позиции его атомного строения, особенностей электронных свойств и агрегатного состояния. Обсуждается применение физико-химических законов для объяснения и прогнозирования основных характеристик химических процессов, таких как, например, направление и скорость протекания. Материал лекций сопровождается яркими иллюстрациями применения этих законов для управления физико-химическими и экономическими параметрами важных промышленных и природных процессов: разрушение озонового слоя в атмосфере, образование карстовых пещер, добыча золота цианидным способом, каталитический синтез аммиака. Большая часть обсуждаемых примеров основана на современных научных разработках и технологиях, а также затрагивает нерешенные актуальные задачи промышленных процессов и открытые экологические проблемы. В рамках курса рассматриваются современные подходы к регулированию экономической и экологической составляющей промышленных химических производств (принципы Зеленой химии, критерии экологичности производств, использование возобновляемых ресурсов). Отдельное внимание уделяется рассмотрению химических превращений в повседневной жизни.

Материал лекций выстроен таким образом, чтобы легко ввести в курс дела даже неподготовленного слушателя. Для освоения курса достаточно базовых знаний основ химии, что делает курс понятным и доступным широкому кругу слушателей. Кроме того данный курс, несомненно, будет интересен и полезен студентам с высоким базовым уровнем знаний по химии, так как способствует устойчивому усвоению и систематизации знаний, пониманию механизмов и законов протекания химических превращений.

**Место дисциплины в структуре ООП**: Межфакультетские учебные курсы МГУ, курс по выбору

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

В процессе освоения дисциплины студент или магистрант формирует и демонстрирует следующие способности, знания и умения:

- знание основных понятий химии (вещество, химическая реакция, механизм и скорость химической реакции и пр.);

- владение целостной системой знаний о фундаментальных причинах, определяющих закономерности протекания химических реакций;

- способность понимать, применять и анализировать результаты основных законов термодинамики в протекающих вокруг нас процессах;

- умение квалифицированно объяснять закономерности протекания химических превращений и влияние различных факторов на глубину и скорость протекания химических реакций;

- способность квалифицированно использовать полученные знания для описания параметров химических реакций;

- владение навыками расчета концентраций и рН растворов, в том числе для случаев, встречающихся в повседневной жизни;

- уметь грамотно применять основные законы химии для обсуждения свойств, характеристик и превращений химических веществ;

- знание современных экономических и экологических требований к химическим производствам;

- владение навыками анализа химических реакций с точки зрения подходов концепций устойчивого развития и зеленой химии;

**Объем дисциплины в академических часах**:

|  |  |
| --- | --- |
| *Вид работы* | *Нагрузка, часы* |
| Общая трудоемкость | 36 |
| Аудиторная работа: | 28 |
| Лекции (Л) | 28 |
| Практические занятия (ПЗ) | – |
| Лабораторные работы (ЛР) | – |
| Самостоятельная работа | 8 |
| Вид итогового контроля | Зачет с оценкой |

**План лекций**

|  |  |
| --- | --- |
| № | *Наименование раздела* |
| 1 | Многообразие химических процессов в природе и деятельности человека. Основы химического языка. |
| 2 | Как природа управляет процессами и химическими реакциями: Физико-химические законы и критерии протекания химических процессов. |
| 3 | Особенности строения веществ как ключевой фактор их химических свойств. |
| 4 | Превращения индивидуальных химических соединений. |
| 5 | Химическая реакция на молекулярном уровне. |
| 6 | Глубина протекания химических реакций: примеры и способы управления. |
| 7 | Реакции в конденсированной среде: примеры и способы управления. |
| 8 | Химические превращения и время. |
| 9 | Катализ как способ влияния на скорость протекания химических реакций. |
| 10 | Структура активного центра катализатора и его связь с направлением протекания каталитических реакций. |
| 11 | Нанотехнологии на службе химических превращений: применение наночастиц металлов в катализе и повседневной жизни. |
| 12 | Химия в быту: химические реакции вокруг нас и способы управления ими. |
| 13 | Устойчивое развитие и Зеленая химия. |
| 14 | Природа и человек: совместное управление химическими превращениями |

**Содержание разделов дисциплины:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | *Наименование раздела* | *Содержание раздела* |
| 1 | Многообразие химических процессов в природе и деятельности человека. Основы химического языка. | Основные определения химии: атом, молекула, вещество, химическая реакций, механизм химической реакции. Примеры химических превращений природного и техногенного характера (ржавление гвоздя, горение дров, потемнение серебряных украшений и др.). Развитие представлений о химических веществах и их превращениях. Использование химических реакций для улучшения уровня жизни: от древних времен до современных технологий.  Обозначение химических элементов. Правила записи химических веществ и реакций. Классификация химических процессов. Механизм реакций. |
| 2 | Как природа управляет процессами и химическими реакциями: Физико-химические законы и критерии протекания химических процессов. | Законы термодинамики и их роль в протекающих вокруг нас процессах. Переходы энергии при протекании различных процессов, в том числе химических реакций. Критерии термодинамической возможности и самопроизвольности протекания процессов. Почему если просто записать уравнение химической реакции, то необязательно такая реакция будет протекать? Знакомство с базовыми функциями термодинамики: U, H, F, G (внутренняя энергия, энтальпия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца). Как выбрать правильную функцию и как понять, в какую сторону будет протекать процесс. Понятия о термодинамическом и кинетическом аспектах протекания процессов. |
| 3 | Особенности строения веществ как ключевой фактор их химических свойств. | Строение атома: электроны, протоны и нейтроны. Релятивистские эффекты. Изотопы. Химическая связь (ковалентная, нековалентная, ионная, дисперсионная). Электро-отрицательность, способы ее выражения. Периодический закон. Химическая реакция: разрушение старых связей и образование новых. |
| 4 | Превращения индивидуальных химических соединений. | Агрегатное состояние вещества. Понятие и типы кристаллической решетки. Примеры превращений индивидуальных химических соединений: аллотропные переходы~~,~~ плавление, испарение, сублимация. Почему лед плавится, а йод превращается в пар (возгоняется)? Уравнения состояния для разных по агрегатному состоянию веществ. Примеры и способы описания превращений индивидуальных химических соединений. |
| 5 | Химическая реакция на молекулярном уровне. | Двухатомная молекула и его важные свойства (равновесное расстояние, частота колебания и энергия диссоциации). Визуализация различных колебаний в молекулах. Зависимость энергии молекулы от межатомного расстояния Реакция между атомом и двухатомной молекулой с физической точки зрения.  Ландшафтный взгляд на фундаментальную основу простейших реакций: поверхность потенциальной энергии, стационарные точки, переходное состояние, координата реакции. Понятие и роль энергии активации и энтальпии. |
| 6 | Глубина протекания химических реакций: примеры и способы управления. | Реакции в газовой фазе. Желательные и нежелательные химические процессы в атмосфере (образование и разрушение озонового слоя и др.). Обратимость химических реакций и факторы, влияющие на степень превращения. Константа равновесия и ее связь с энергией Гиббса. Параметры, описывающие направление и глубину протекания химических реакций. Изотерма и изобара Вант-Гоффа. Физико-химическое доказательство принципа Ле Шателье. Низкий выход реакции: плохой эксперимент или неблагоприятная термодинамика? Конкретные примеры расчета выхода газофазных реакций на основе справочных данных. |
| 7 | Реакции в конденсированной среде: примеры и способы управления. | Особенности протекания реакций в конденсированной фазе по сравнению с газофазными реакциями. Многообразие реакций в конденсированной среде в природе, организме человека и промышленности. Закономерности и влияние внешних факторов на растворение карбоната кальция в воде и образование карстовых пещер. Понятие произведение растворимости. Константа равновесия для реакций в растворе. Активности. Коэффициент активности. Стандартные состояния. Примеры взаимодействия веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях, адсорбция. Адсорбция растворенных цианидных комплексов золота на активированных углях, одна из стадий получения золота в промышленности методом кучного выщелачивания: проблемы и перспективы. |
| 8 | Химические превращения и время. | Скорость химической реакции и факторы, влияющие на нее. Понятие о переходном состоянии и константе скорости. Прогнозирование влияния температуры. Время полупревращения. Использование зависимости изменения концентрации вещества от времени на практике: иодные часы, метод определения возраста объектов по изотопам. Использование экспериментальных кинетических зависимостей для определения механизмов химических реакций. Быстро – это всегда ли хорошо? |
| 9 | Катализ как способ влияния на скорость протекания химических реакций. | Катализ и его роль в экономике. Основные понятия. Рассмотрение катализа с точки зрения химической термодинамики и кинетики. Типы каталитических реакций, активность и селективность. Исторические факты. Примеры использования каталитических реакций в промышленности. Катализ как компромисс между термодинамикой и кинетикой: промышленный синтез аммиака. Влияние температуры и давления. Как в промышленности повышают количество переработанного реагента (на примере окисления SO2). Каталитические реакции в природе: связывание азота из воздуха. Особенности строения ферментов, почему ферментативные реакции протекают при низких температурах, а в промышленности нужны высокие температуры и давление? |
| 10 | Структура активного центра катализатора и его связь с направлением протекания каталитических реакций. | На чем проходит каталитическая реакция? Активный центр. Примеры строения активных центров для реакций различных типов. Проблема соотнесения измеренного свойства со строением активного центра. Проблема поиска новых катализаторов и предсказания каталитической активности. Примеры успешного предсказания каталитической активности. Комноненты-помощники (промоутеры) и каталитические яды. Иллюстрация энергетического и структурного соответствия на примере наночастиц золота. Роль наночастиц и строения поверхности в повышении эффективности гетерогенных катализаторов. |
| 11 | Нанотехнологии на службе химических превращений: применение наночастиц металлов в катализе и повседневной жизни. | Стабилизация кластеров металлов на поверхности и в растворе. Коллоидные растворы наночастиц: кластер, лиганды, структура. Магические кластеры и топология строения. Проблема получения кластера определенного строения и структуры. Преимущества и недостатки наночастиц по сравнению с массивным металлом. Применение кластеров в наноэлектронике, оптике и катализе. Наночастицы металлов в нашей жизни с точки зрения химических реакций (крем с наночастицами золота или серебра, фотокаталитические покрытия оконных стекол и др.) |
| 12 | Химия в быту: химические реакции вокруг нас и способы управления ими. | Химические реакции в повседневной жизни: разрыхлитель для теста, гашение уксуса и др. Понятие растворенное вещество и растворитель. Способы выражения концентрации. Как правильно изменить концентрацию (разведение уксуса, спирта, сульфата меди). Идеальные и реальные растворы. Растворы электролитов (сильная и слабая кислота). Загадочный pH. Диссоциация. Теплота растворения. Закон Гесса. Влияние растворителя на протекание реакции. |
| 13 | Устойчивое развитие и Зеленая химия. | Как использование химических соединений влияет на нашу жизнь в будущем. Примеры кардинального изменения взглядов на применение химических соединений. Изменение механизмов реакции и исключение побочных продуктов. Создание новых экологически чистых путей протекания реакций. Современные требования к промышленно важным химическим реакциям. |
| 14 | Природа и человек: совместное управление химическими превращениями | Возобновляемые ресурсы и источники энергии. Рациональное природопользование. Биомасса – шаблоны химических молекул, которые нам дает природа. Химические превращения, лежащие в основе переработки биомассы. Современные направления и перспективы использования ресурсов природы для проведения химических реакций. |

**Рекомендуемая литература:**

1. Глинка Н.Л. Общая химия. 30-е изд., испр. - М.: 2003. - 728 с.

2. Физическая химия. В 2­х кн. /под ред. К. С. Краснова. – 3­е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001

3. Чокендорф И., Наймантсведрайт Х. «Современный катализ и химическая кинетика», ISBN: 978-5-91559-044-0. Издательство: Интеллект, 2010

4. Фримантл М. Химия в действии. В 2 ч. М.: Мир, 1998

5. Джирард Дж. Е. Основы химии окружающей среды. Пер с англ. М.: Физматлит, 2008

6. Зимон А. Популярная физическая химия М.: Научный Мир, 2005

**Интернет-ресурсы:**

Основные материалы и конспекты лекций будут доступны на сайте www.kge.msu.ru

##### Язык преподавания - русский

**Преподаватели:**

доцент, к.х.н. Голубина Елена Владимировна, (495) 939-3337, golubina@kge.msu.ru

доцент, д.х.н. Пичугина Дарья Александровна, (495) 939-4765, dashapi@mail.ru

##### Оценка знаний

Текущий контроль знаний студента осуществляется в виде небольших заданий и дискуссий в ходе лекционных занятий.

Итоговый контроль знаний студентов по окончании лекционного курса проходит в виде зачета с оценкой в форме письменного задания, включающего по одному вопросу на тему каждой лекции.

Примерный вариант задания:

**1.** Какие из предложенных процессов являются химическими реакциями:

а) образование ржавчины на железных изделиях;

б) формирование сосулек зимой;

в) образование сталактитов в карстовых пещерах;

г) гашение уксуса при приготовлении теста;

д) риформинг нефти.

**2.** Процесс проводят при постоянных значениях объема и температуры. Какую термодинамическую функцию следует выбрать для определения возможной самопроизвольности процесса?

а) внутренняя энергия;

б) энтальпия;

в) энергия Гиббса;

г) энергия Гельмгольца.

**3.** Какой тип химической связи характерен для молекул воды, кислорода, кристаллов поваренной соли?

**4.** Какая фаза имеет наибольшую плотность, если про вещество известно следующее:

Нормальная температура кипения 68°С,

нормальная температура замерзания -35°С,

тройная точка: -35,2°С и 0,014 атм,

критическая точка: 115°С и 122 атм.

|  |  |
| --- | --- |
| а) | Твердая |
| б) | Жидкая |
| в) | Пар |
| г) | Для ответа недостаточно данных |

**5.** Изобразите схематично зависимость потенциальной энергии от расстояния А-В для реакции:

A(атом) + B2(молекула) = АВ(молекула) + В(атом).

Укажите особые точки на этой зависимости.

**6.** Реакцию N2(газ) + 3H2(газ) ↔ 2NH3(газ) проводят при постоянном объеме. Как на равновесный состав реакционной смеси повлияют следующие факторы (ответ обоснуйте):

а) добавление H2(газ)

б) удаление из смеси NH3(газ)

**7.** От каких факторов зависит растворимость карбоната кальция в воде:

а) времени суток;

б) температуры;

в) внешнего давления;

г) стоимости 1 г сырья.

**8**. Для реакции ***A 🡪 P*** начальная концентрация А была равна 0.86 *моль/л* , а через 40 сек она стала равной 0.68 *моль/л*. Определите начальную скорость этой реакции [моль/(л∙мин)].

**9.** Какие из перечисленных параметров никогда не изменяются в присутствии катализатора?

a) константа равновесия

б) S (энтропия образования активированного комплекса)

в) константа скорости реакции

г) Н (энальпия образования активированного комплекса)

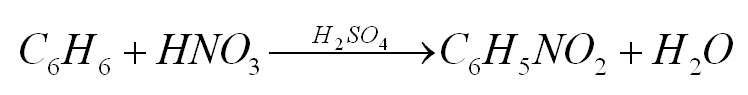
д) rН (тепловой эффект химической реакции)

**10.** Дайте определение понятию активный центр и приведите пример активного центра катализатора.

**11.** Будет ли кластер золота, содержащий двадцать атомов, устойчивым? Ответ подтвердите расчетом.

**12.** Дайте определение водородному показателю раствора (pH). Укажите примерное значение pH для желудочного сока человека, дистиллированной воды, морской воды.

**13.** Рассчитайте значение атомной эффективности для реакции получения нитробензола:



**14.** Какая основная стадия переработки растительного сырья для получения биодизеля?

а) термический пиролиз

б) газификация

в) трансэтерификация

д) ферментация