Зміст дисципліни «Фізична і колоїдна хімія».

Підкурс "Фізична хімія"

Модуль І.

Хімічний зв'язок. Фізичні методи дослідження хімічних речовин.

Вступ.

Предмет фізичної хімії, огляд курсу. Що матиме інженер-технолог для практичної роботи за фахом, ознайомившись з основами фізичної хімії.

Тема 1.1Фізична природа хімічного зв'язку (6 годин).

Лекція 1. Квантова механіка - основа для опису атомних і молекулярних систем. Хвиля де Бройля. Умови Бора для існування стаціонарних атомних орбіт. Стаціонарні орбіталі у квантових системах як прояв інтерференції хвиль де Бройля. Хвильова функція, кутова і радіальна залежності електронної щільності в атомах. Заповнення дозволених станів і принцип Паулі.

Лекція 2. Типи хімічного зв'язку. Йонний зв'язок.

Як утворюється ковалентний зв'язок. Інтеграл перекриття і резонансний (обмінний) інтеграл у квантовій хімії. Міра міцності ковалентного зв'язку. Електростатичне походження всіх без винятку типів хімічного зв'язку. Хімічний зв'язок у металах.

Лекція 3. Принцип суперпозиції у квантовій механіці. „Чисті" і гібридні орбіталі. Енергія промотування, виграш в енергії зв'язку при гібридізації. Особливості ковалентного зв'язку в органічних сполуках.

Йонно-ковалентний резонанс, електровід'ємність і міра йонності сполуки. Ефективний заряд. Дипольні моменти молекул. Неподілені пари електронів. Електроно-донорні та електроно-акцепторні атомні угруповання органічних молекул.

Слабкі типи зв'язку, їхнє походження. Зв'язки Ван дер Ваальса. Водневий зв'язок. У яких речовинах здійснюються слабкі хімічні зв'язки?**.**

Лекція 4. Слабкі типи зв'язку, їхнє походження. Зв'язки Ван дер Ваальса. Водневий зв'язок. У яких речовинах здійснюються слабкі хімічні зв'язки?. Неподілені пари електронів. Електроно-донорні та електроно-акцепторні атомні угруповання в органічних молекулах.

Тема 1.2. Фізичні методи дослідження хімічних речовин

Лекція 5. Спектральні методи дослідження, що дозволяють встановити склад речовини і характеристики хімічних зв'язків у молекулах. Шкала електромагнітних хвиль. Переходи між дозволеними енергетичними рівнями в атомах і молекулах, аналогія з резонансом у класичній механіці. Коливальна (інфрачервона) спектроскопія. Принципи дії спектральних приладів. Коефіцієнт поглинання електромагнитних хвиль. Закон Бугера-Ламберта-Бера.

Лекція 6. Електронні спектри поглинання молекул у видимій і близькій ультрафіолетовій частині спектра. Абсорбційний і емісійний спектральні аналізи у різних діапазонах довжин хвиль електромагнитних випромінювань. Люмінесценція й люмінесцентний аналіз органічних речовин. Поляризоване світло, обертання площині поляризації. Природні і штучні органічні сполуки з ізомірами. Рентгенівська спектроскопія.

Лекція 7. Електронний парамагнітний резонанс. Що таке вільні радикали, чим вони важливі у хімії, у хімії харчових продуктів і як їх досліджують. Ядерний магнітний резонанс і його застосування для аналізу хімічних зв'язків.

Лекція 8. Мас-спектроскопія - метод точного аналізу складу речовини.

Рентгенографія і електронографія - методи визначення структури конденсованих тіл і аналізу наявності різних фаз. Оптична і електронна мікроскопія.

Модуль II

Тема 2.1.**Хімічна термодинаміка, хімічна кінетика**

Лекція 9. Феноменологічний підхід до опису систем з великою кількістю часток. Флуктуації. Які системі слід вважати „великими" у термінах статистичної термодинаміки? Параметри термодинамічних систем. Фізичне визначення температури як середньої кінетичної енергії часток. Константа Больцмана. Перший закон термодинаміки. Ентропія, її термічний і статистичний зміст. Другий і третій закони термодинаміки.

У якому напрямку еволюціонує нерівноважна замкнена система. Термодинамічні потенціали: внутрішня енергія, ентальпія, вільна енергія Гіббса, вільна енергія Гельмгольца. Закон Гесса і теплота реакції. Критерії рівноваги системи за умов постійного об'єму або тиску. Критерії напряму еволюції таких систем. Що є рівновага? Час релаксації системи. Екстремальні принципи у природі. Нерівноважні системи, що можуть існувати протягом довгого часу.

Лекція 10. Системи із змінною кількістю часток, наприклад, за умов хімічної реакції. Закон діючих мас. Константа рівноваги, її залежність від температури. Що можна отримати практичного, якщо вміємо розрахувати константу рівноваги? Розрахунки виходу реакції.

Рівновага у гетерогенних системах. Однокомпонентні і багатокомпонентні системи. Поняття фази у термодинаміці. Фазовий аналіз. Фазові переходи.

Лекція 11. Термодинаміка двокомпонентних систем. Системи з необмеженою та обмеженою розчинністю. Чому не існує двох речовин, які абсолютно не розчинюються одне в однім? Термодинамічне підгрунтя емпіричного правила „подібне розчинюється у подібнім". Системи, у яких організуються хімічні сполуки. Діаграми стану кристал – розплав. Рівноваги у системах рідина - пара. Закон Рауля і відхилення від нього. Принципи очищення від домішок. Зонна плавка. Перегонка через газову фазу.

Лекція 12. Електрохімія. Теорія електролітичної дисоціації. Сильні електроліти і слабкі електроліти. Електропровідність розчинів електролітів і кондуктометричний метод визначення концентрацій. Електродні процеси, походження електродних потенціалів і електрорушійної сили (ЕРС). Електрохімічна корозія промислового обладнання. Методи захисту.

Тема 2.2. **Хімічна кінетика і каталіз**

Лекція 13. Як визначати швидкість реакцій. Формальна кінетика. Загальне кінетичне рівняння Больцмана. Константа швидкості реакції. Порядок і молекулярність реакції. Інтегрування кінетичних рівнянь: мета - одержання залежності кількості продукту від часу проходження реакції. Огляд різних випадків залежностей для різних типів реакцій. Послідовні і паралельні реакції. Лімітуюча стадія складної реакції. Експериментальне визначення констант швидкості

реакцій. Навіщо це потрібно технологу? Масштабний фактор у промисловій кінетиці реакцій у гомогенних середовищах.

Лекція 14. Ідеї хімічної фізики. Механізм елементарного акту хімічної реакції. Енергетичний бар'єр (енергія активації) реакції. Перехідний стан. Рівняння Арреніуса для константи швидкості реакції. Чому реакції прискорюються із зростанням температури? Будьте обережні із застосуванням цього фактору прискорення реакцій саме у харчовій промисловості: зважте на ефекти денатурації макромолекул, зокрема білків

Лекція 15. Що таке ланцюгові реакції? Нелінійні явища у хімічній кінетиці, періодичні реакції Белоусова-Жаботинського і чому промислові реактори, у яких застосовуються живі організмі (дріжджі зокрема) як технологічний компонент, час від часу перестають діяти? Дисипативні структури, періодичні реакції: нерівноважна термодинаміка Пригожина. Гетерогенні хімічні реакції. Дифузія, її механізми, енергія активації дифузії, температурна залежність коефіцієнта дифузії. Особливості дифузії у твердій речовині й у рідині. Дифузійний і кінетичний режими реакцій за участю конденсованих речовин. Лімітуюча стадія таких реакцій. Швидкість розчинення твердої речовини у рідині (рівняння Щукарева).

Лекція 16. Загальні ідеї каталізу. Як визначити і порівняти ефективність гомогенних і гетерогенних каталізаторів. Прискорення встановлення рівноваги як наслідок зниження бар'єру (енергії активації) прямої і зворотної реакції у рівній мірі. Декілька практичних моделей для знаходження найбільш ефективних твердих каталізаторів. Селективність каталізаторів. Гомогенний каталіз. Ферментативний каталіз у біохімічних процесах, у харчових виробництвах зокрема

Модуль ІІІ

Розрахункові і експериментальні методи фізичної хімії

Електронні та коливальні спектри молекул

Розрахунки теплових ефектів процесів та хімічних реакцій за допомогою закону Гесса..

Визначення теплових ефектів процесів та хімічних реакцій калориметричним методом.

Розрахунки теплових ефектів хімічних реакцій при різних температурах.

Визначення термодинамічних функцій хімічної реакції методом ЕРС

Розрахунки константи рівноваги і ступеня перетворення

Побудова діаграми розчинності двох обмежно розчинних рідин

Побудова діаграми перегонки летючої суміші.

ЕРС і термодинаміка гальванічних елементів.

Визначення константи швидкості реакції гідратації оцтового ангідриду

Кінетика реакцій І та ІІ порядків. Енергія активації.

Визначення константи швидкості гетерогенної реакції. Визначення порядку реакції.

Підкурс «Колоїдна хімія».

Модуль № 1

Властивості дисперсних систем / 2

Вступ.

Сучасна колоїдна хімія – наука, тісно пов'язана з багатьма галузями народного господарства. Наукові досягнення в колоїдній хімії успішно впроваджуються у виробництво. Колоїдна хімія є однією з найважливіших дисциплін, що завершують хімічну підготовку інженера-технолога харчових виробництв. Цим визначаються завдання, що стоять перед колоїдною хімією в процесі підготовки фахівців з технології харчових продуктів.

Тема 1. Поняття про колоїдні системи.

Місце колоїдних систем серед дисперсних. Поширення колоїдних систем у природі та їх значення в народному господарстві. Основні особливості колоїдного стану: гетерогенність, висока дисперсність, велика площа питомої поверхні. Зміна властивостей із зміною дисперсності площі питомої поверхні.

Колоїдні системи як гетерогенні термодинамічні нерівноважні системи, що не підлягають правилу фаз. Надлишок поверхневої (вільної) енергії як причина термодинамічної (агрегативної) нестійкості переважного числа колоїдних систем.

Класифікація дисперсних систем за розміром частинок дисперсної фази, агрегатним станом дисперсної фази і дисперсійного середовища, характером взаємодії між дисперсною фазою і середовищем, механічними властивостями.

Визначення колоїдної хімії як сучасної науки про поверхневі явища і фізико-хімічні властивості дисперсних систем. Значення колоїдної хімії для харчової промисловості.

Нова галузь колоїдної хімії – фізико-хімічна механіка дисперсних систем та матеріалів. Молекулярні та іонні стабілізатори, їх роль у наданні колоїдній системі тимчасової стійкості.

Поняття про високомолекулярні сполуки ВМС. Схожість ряду властивостей розчинів ВМС і колоїдних розчинів. Принципова різниця між колоїдними розчинами і розчинами ВМС.

Тема 2. Поверхневий натяг як міра вільної енергії поверхні. Термодинамічні функції поверхневого шару. Явище змочування. Крайовий кут. Гідрофобність та гідрофільність поверхонь. Флотація. Адгезія, робота адгезії. Когезія, робота когезії. Методи визначення поверхневого натягу.

Ізотерма адсорбції та емпіричне рівняння ізотерми Фрейндліха. Аналіз і розв'язання цього рівняння. Адсорбція як ізотермічний процес. Поняття інтегральної та диференціальної теплоти адсорбції.

Природа адсорбційних сил. Адсорбція на межі тверде тіло-газ. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Аналіз і розв'язання рівняння Ленгмюра. Поняття про полі молекулярну адсорбцію. Теорії Поляні та БЕТ. S-подібні ізотерми. Поняття про капілярну конденсацію.

Адсорбція на межі розчин-газ. Поверхневоактивні речовини ПАР. Виведення адсорбційного рівняння Гіббса. Міра поверхневої активності за Ребінде-

ром. Рівняння Шишковського. Перехід від рівняння Гіббса до рівняння Ленгмюра. Поняття про дифільність молекул. Правило Дюкло-Траубе. Газоподібні та конденсовані моношари ПАР на поверхні рідини.

Адсорбція на межі тверде тіло-газ. Гідрофільні та гідрофобні адсорбенти. Енергетичні характеристики адсорбції газів та пари твердими тілами. Адсорбенти та їх характеристики. Ліотропні ряди іонів. Іонообмінна адсорбція сильних електролітів, її практичне застосування: водоочищення, освітлення цукрових сиропів, вин, соків тощо. Адсорбція: фізична і хімічна, активна і пасивна, локалізована і нелокалізована. Місткість моношару, поверхнева концентрація, гіббсова адсорбція.

Ваги Ленгмюра і визначення за їх допомогою розмірів молекул. Виведення рівняння двомірного газу.

Методи визначення питомої поверхні адсорбентів, застосування у харчовій промисловості.

Рівняння Нікольського. Катіоніти та аніоніти (пермутит та іонообмінні смоли). Принцип хроматографічного аналізу. Застосування хроматографічного аналізу для контролю якості напівфабрикатів та готової продукції харчових виробництв.

Тема 3. Електрокінетичні властивості колоїдних систем.

Досліди Рейса. Електрокінетичні явища: електрофорез, електроосмос, потенціал осідання, потенціал течії. Будова міцели та колоїдної частинки. Утворення подвійного електричного шару ПЕШ. Будова ПЕШ за Гельмгольцем-Переном, Штерном і Гуї-Чепменом і Штерном.

Повний термодинамічний стрибок потенціалу. Електрокінетичний потенціал. Залежність електрокінетичного потенціалу від концентрації електролітів, валентності іона-коагулянта.

Правило Шульце-Гарді. Перезарядження поверхні колоїдної часточки. Ізоелектрична точка. Обмін іонів у зовнішній оболонці подвійного електричного шару. Ліотропні ряди іонів.

Визначення електрокінетичного потенціалу методами електроосмосу та електрофорезу. Поняття про поверхневу провідність, електрофоретичне запізнювання та електрофоретичну релаксацію.

Практичне використання електрокінетичних явищ у різних галузях народного господарства.

Тема 4. Отримання та очищення дисперсних систем.

Отримання дисперсних систем методами фізичної і хімічної конденсації. Механізм і кінетика конденсації. Отримання колоїдних систем методом диспергування. Колоїдні млини та інше устаткування, що застосовується для механічного диспергування. Електричні методи диспергування. Диспергування за допомогою ультразвуку. Пептизація як метод отримання золів. Правило осадків. Ультрафільтрація, діаліз, електродіаліз та їх значення для очищення дисперсних систем, цукрових сиропів, вин, пива та ін. Робота Веймарна. Утворення колоїдних систем за Каргіним та Берестенєвою.

Тема 5. Молекулярно-кінетичні та оптичні властивості колоїдних систем.

Броунівський рух, його теплова природа. Теорія броунівського руху, розроблена Ейнштейном (1905 р.), Смолуховським (1906 р.). Середній зсув частинок.

Дифузія. Виведення рівняння Ейнштейна, що встановлює зв'язок між коефіцієнтом дифузії та радіусом частинок, температурою і в'язкістю системи. Зв'язок між коефіцієнтом дифузії та середнім зсувом частинок. Фізичний зміст коефіцієнта дифузії: перший закон Фіка. Роль дифузії в процесах розчинення, адсорбції тощо.

Особливості седиментаційного тиску колоїдних систем.

Седиментаційна (кінетична) стійкість колоїдних систем. Принцип седиментаційного аналізу, закон Стокса, константа седиментації.

Оптичні властивості. Ефект Тіндаля. Теорія світлорозсіювання Релея. Рівняння Релея, його аналіз, межі застосування. Ультрамікроскопія та електронна мікроскопія. Нефелометрія. Флюоресценція. Особливості світлопоглинання колоїдними системами. Рівняння Ламберта-Бера-Бугера. Оптична густина. Аномалії оптичних властивостей золів. Центрифугальний аналіз для розрахунку ступеня дисперсності системи, рівняння для визначення молекулярності та міцелярної маси колоїдних частинок.

Визначення розмірів та форми колоїдних частинок оптичними методами.

Модуль № 2
Вплив фізико-хімічних факторів на дисперсні системи / 2

Тема 6. Стабілізація і коагуляція дисперсних систем.

Агрегативна стійкість дисперсних систем. Фактори стійкості. Стабілізація і типи стабілізаторів: електричний, сольватаційний, структурно-механічний і ентропійний.

Основні теорії стійкості і коагуляції.

Коагуляція колоїдних систем, наявна та прихована. Поріг коагуляції. Правило коагуляції. Повільна та швидка коагуляція. Кінетика швидкої коагуляції за Смолуховським. Механізм коагуляції. Хімічна, адсорбційна та електростатична коагуляції електролітами, їх недоліки.

Фізична теорія коагуляції Дерягіна, Ландау, Фервея і Овербека – ДЛФО. Нейтралізаційна і концентраційна коагуляція за Дерягіним. Сили відштовхування та притягання, їх залежність від відстані взаємодіючих часточок. Потенціальні криві, енергетичний бар'єр, ближня та дальня коагуляція.

Основні явища, що спостерігаються під час коагуляції: неправильні ряди, звикання, синергізм та антагонізм у дії іонів. Колоїдний захист. Гетерокоагуляція та гетероадагуляція. Коагуляційні методи очищення вод на підприємствах харчової промисловості.

Тема 7. Структуроутворення в дисперсних системах.

Коагуляція та конденсаційно-кристалізаційні структури.

Властивості коагуляційних систем. Структурування і вплив на нього різноманітних факторів. Тиксотропія, повзучість, період релаксації.

В’язкість. Рівняння Ньютона і Пуазейля. Рівняння Ейнштейна. Залежність в’язкості дисперсних систем від концентрації та форми колоїдних частинок. Аномалія в’язкості. Рівняння Шведова-Бінгама. Основні реологічні криві: крива в’язкості та течії, їх аналіз. Реологічні параметри та методи їх вимірювання. Основні типи моделей структурних систем. Механізм утворення гелів, їх класифікація, властивості. Гелі та пасти в кондитерській промисловості. Старіння колоїдних систем. Синерезис гелів.

Конденсаційно-кристалізаційні структури. Перехід коагуляційних структур у конденсаційно-кристалізаційні під час технологічного процесу.

Тема 8. Розчинення високомолекулярних сполук.

Будова молекул високомолекулярних сполук ВМС. Агрегативний стан полімерів. Набухання і розчинення ВМС. Вплив pH середовища і різних домішок на ступінь набухання ВМС. Тиск і теплота набухання. Сольватація полімерів у розчині. Явище асоціації та утворення нової фази в концентрованих розчинах полімерів. Термодинаміка розчинення ВМС**.**

Високомолекулярні електроліти (поліелектроліти). Промислове значення розчинів ВМС і дисперсних полімерів.

Властивості розчинів високомолекулярних амфолітів (білків).

Пектинові розчини. Драглі, їх утворення. Створення ВМС. Зв’язана та вільна вода. Методи визначення зв’язаної води, її роль у черствінні хлібобулочних виробів.

Тема 9. Напівколоїди.

Класифікація колоїдних ПАР. Приклади напівколоїдних систем – розчини мил, барвників, танідів. Форми, в яких мила можуть перебувати в розчині. Перехід молекулярної форми в колоїдну і навпаки. Будова міцел мила за Гартлі та Мак-Беном. Термодинаміка напів колоїдних систем.

Поняття про гідрофільно-ліпофільний баланс ГЛБ. Стабілізуюча та мийна дія мил. Стабілізація. Роль міцел мила під час емульсійної полімеризації.

Тема 10. Системи з рідким дисперсійним середовищем.

Суспензії, їх стабілізація. Полідисперсність суспензій. Технологічні суспензії та пасти мінеральної і органічних речовин у водних і органічних середовищах. Тиксотропія суспензій. Застосування суспензій у техніці.

Емульсії: прямі та зворотні; розбавлені, концентровані та желатинові. Зворотність фаз. Розпад емульсій. Емульсії в харчовій промисловості: молоко, кисломолочна продукція, майонез, вершки, бульйони, масло, креми тощо.

Піни; рідкі та тверді. Будова піни. Час життя, кратність пін. Тверді піни: хліб, зефір, пастила. Позитивне і негативне значення піноутворення у виробництві. Стабілізатори пін. Методи визначення стійкості пін. Руйнування пін.

Тема 11. Системи з газоподібним дисперсійним середовищем.

Аерозолі. Отримання, властивості та засоби руйнування. Причини їх агрегативної та седиментаційної нестійкості. Тумани і дими. Методи синтезу та розпаду цих систем. Сучасні методи газоочищення. Аерозолі в народному господарстві, природі та техніці; їх позитивне і негативне значення.

Захист навколишнього середовища від пилу, диму тощо. Порошки, їх текучість, здатність до коагуляції. Фізико-хімічні основи перероблення порошків. Значення властивостей порошків у борошномельній та харчовій промисловості.

Тема 12. Системи з твердим дисперсійним середовищем.

Природні пористі речовини, синтетичні пінопласти, пінобетони, наповнені гуми, пігментовані лакові покриття та ін.

Тема 13. Колоїдно-хімічні аспекти охорони навколишнього середовища (земля, водойми, повітря, ліси).

Методи очищення промислових вод: седиментація, коагуляція, флотація, ультрафільтрація.

Методи очищення димів та пилу: центрифугування, електрофільтрація, електрофорез.