


Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

голова Приймальної комісії

 проф. Ігор Цепенда  
«24» квітня 2023 р



ПРОГРАМА

вступного випробування з

**Фізики і хімії поверхні**

для зарахування на навчання за ступенем доктора філософії за спеціальністю

**105 Прикладна фізика та наноматеріали**

на основі освітнього рівня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня спеціаліста) при прийомі на навчання у 2023 році

Розглянуто та схвалено

на засіданні Приймальної комісії

Прикарпатського національного

університету імені Василя Стефаника

Протокол № 1 від «24» квітня 2023 р.

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою вступного випробування з «Фізики і хімії поверхні» є перевірка знань і відбір вступників для зарахування на навчання за ступенем доктора філософії за спеціальністю **105 Прикладна фізика та наноматеріали** при прийомі на навчання на основі освітнього рівня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня спеціаліста) до Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника» у 2023 році за суміжною спеціальністю.

Програма містить основні питання з Фізики і хімії поверхні та перелік рекомендованої літератури.

Наведений перелік питань, які виносяться на вступне випробування дасть можливість вступнику систематизувати свої знання та допоможе зорієнтуватися, на які питання треба звернути увагу при підготовці до вступного випробування.

Перелік рекомендованої літератури сприятиме у пошуку і підборі джерел підготовки для вступного випробування.

## ОСНОВНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

### 1. Основи квантової хімії та термодинаміки

1.1. Хвильова механіка. Рівняння Шредінгера. Співвідношення невизначеності. Спін електрона. Принцип Паулі. Рівняння Дірака.

1.2. Атом водню. Квантові числа. Енергетичні рівні, основний та збуджений стани. Атомні орбіталі. Принцип виключення при заповненні орбіталей. Електронні конфігурації. Будова багатоелектронних атомів. Періодична система елементів Менделєєва. Валентність.

1.3. Будова молекул. Ковалентний зв'язок. Теорія Гайтлера-Лондона. Молекулярні орбіталі двоатомних молекул з однаковими ядрами. Квантовомеханічне описання багатоатомних молекул по методу молекулярних орбіталей. Полярний зв'язок. Дипольні моменти молекул. Іонний зв'язок. Водневий зв'язок. Сили Ван-дер-Ваальса.

1.4. Випромінювання та поглинання світла атомами та молекулами. Правило частот Бора. Спектри поглинання двоатомних молекул. Електронні, коливальні та обертальні складові рівнів енергії. Ангармонічність коливань, потенціальні криві двоатомних молекул. Спектри поглинання багатоатомних молекул. Комбінаційне розсіяння світла. Вимушене випромінювання, лазери.

1.5. Методи квантової механіки в теорії поверхні. Моделі слабозв'язаного електрона та сильного зв'язку в теорії поверхні. Модель желе. Одномірна зонна теорія. Поверхневі стани. Поверхнева зона Бріллюена. Положення рівня Фермі в об'ємі та на поверхні твердих тіл.

1.6. Квантовомеханічні методи розрахунку.

1.7. Основи статистичної фізики. Макростани та мікростани. Мікроканонічний та канонічний розподіли Гіббса. Ідеальний та реальний гази малої густини. Двовірний ідеальний газ. Розподіл Максвелла. Закони термодинаміки.

1.8. Квантові статистики. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна. Ідеальні квантові гази. Електрони в металах. Бозе-конденсація.

1.9. Великий канонічний розподіл. Хімічний потенціал. Термодинамічні потенціали. Термодинамічний принцип рівноваги. Рівняння Гіббса-Дюгема. Правило фаз Гіббса. Термодинаміка хімічних реакцій. Тепловий ефект хімічної реакції при постійних тиску та температурі.

1.10. Фізичні основи процесів розсіяння та поглинання електромагнітного випромінювання в дисперсних системах. Прямі та обернені задачі розсіяння. Електромагнітна теорія. Вектори поля та рівняння Максвелла. Вектор Умова-Потінга. Поляризація.

1.11. Відбивання та заломлення електромагнітної хвилі на плоскій границі розділу. Відбивання та пропускання світла шаром.

1.12. Поглинання та розсіяння світла кулею. Теорія Мі. Матриця розсіяння.

1.13. Поглинання та розсіяння світла частинками (кулею та еліпсоїдом), малими в порівнянні з довжиною хвилі. Електростатичне наближення. Матриця розсіяння.

1.14. Теорія Релея-Ганса. Метод геометричної оптики. Перерізи поглинання та розсіяння.

## **2. Структура поверхні твердих тіл та рідини**

2.1. Структурні елементи поверхні кристалів: молекулярно-гладенькі та молекулярно-шорохуваті грані, ступені росту, вершини та ребра кристалів. Структура приповерхневої зони кристалу, міжатомні відстані та особливості орієнтації молекул поблизу поверхні. Поверхнева ґратка.

2.2. Динаміка теплового руху приповерхневих атомів. Рівноважна розупорядкованість приповерхневої зони. Перехід молекулярно-гладеньких поверхонь в шорохуваті Критерій Джексона.

2.3. Приповерхневий потенціал та подвійний електричний шар на поверхні кристалів. Поверхнева локалізація електронів.

2.4. Поверхня рідини та аморфних тіл. Функції радіального розподілу атомів поблизу поверхні.

## **3. Фізико-хімічні процеси на поверхні твердих тіл**

3.1. Поверхневі дифузія та електропровідність. Модель двовірної дифузії зі стоком дифузанта біля ступенів росту.

3.2. Електронні явища на поверхні. Робота виходу електрона з металу. Фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Червона границя фотоефекту (класична та квантова). Термоелектронна емісія, формула Річардсона-Дешмена. Контактна різниця потенціалів, її зв'язок з роботою виходу.

3.3. Взаємодія електронного пучка з поверхнею твердого тіла. Пружне розсіювання. Вторинна електронна емісія. Емісія Оже-електронів. Фотоемісія. Катодолюмісценція, електронно-іонна емісія. Електронна мікроскопія. Фотоелектронна спектроскопія.

3.4. Взаємодія молекулярних та іонних пучків з поверхнею твердих тіл. Розсіювання пучка. Термічна акомодация та прилипання молекул до поверхні. Відбивання іонів без зміни заряду. Конверсія. Іонізація швидких нейтральних атомів та молекул. Теплова емісія іонів монокристаллами та полікристалічними емітерами. Польова десорбція іонів. Поверхневі фотохімічні перетворення. Фотоадсорбція та фотодесорбція.

3.5. Адсорбція. Фізична та хімічна адсорбція. Кінетика адсорбції на однорідній та неоднорідній поверхні. Рівняння Еловича. Адсорбційна формула Гіббса. Моделі адсорбції Ленгмюра, Темкіна, Фрумкіна-Теллера. Статистико-термодинамічне трактування рівноважної адсорбції. Розрахунок енергії взаємодії адсорбованих атомів з поверхнею. Проходження молекул через капіляр при адсорбції. Найпростіша форма ізотерми адсорбції. Адсорбція з розчинів. Ізобара адсорбції. Теплота адсорбції.

3.6. Хемосорбція. Поверхневий хімічний зв'язок. Модель резонансного рівня. Поверхневі кластери. Особливості хемосорбції в напівпровідниках та металах.

3.7. Елементарні збудження на поверхні твердих тіл. Ексітони, плазмони, фонони та магнони.

3.8. Поверхневі групи атомів. Одно- та двоатомні поверхневі групи. Двовірна ґратка диполів. Взаємодія поверхневих груп атомів з фононами підкладки. Взаємодія двох поверхневих груп атомів. Багаточастинкові стани поверхневих груп атомів.

3.9. Поверхнева конденсація. Нуклеація в адшарі. Ріст кристалів та крапель на підкладці. Епітаксія. Поверхнева коалесценція крапель.

3.10. Дисперсні сили Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека. Розклинюючий тиск. Кінетичні прояви сил дальності: капілярний осмос, термоосмос, дифузійний осмос, термофорез, електрофорез

#### **4. Одержання твердих тіл з заданими поверхневими властивостями та діагностика поверхневих станів. Високодисперсні тверді тіла**

4.1. Монокристалічні матеріали. Вирощування монокристалів з газової фази, розплав та розчину. Твердофазний синтез. Техніка сколювання, різання та травлення монокристалів. Очистка поверхні іонним бомбардуванням. Епітаксійне вирощування. Фізичне модифікування поверхні монокристалів. Високотемпературний відпал та поверхнева рекристалізація. Радіаційне модифікування поверхні електронними та іонними пучками. Іонна імплантація. Хімічне модифікування. Хемосорбційна зміна складу поверхневих шарів кристалів.

4.2. Дисперсні матеріали. Синтез високодисперсних матеріалів методом конденсації. Ультрадисперсні матеріали та особливості їх фізико-хімічних властивостей.

4.3. Основи одержання сорбентів з заданою питомою поверхнею та каталізаторів з заданим рельєфом поверхні. Технологія одержання дисперсних оксидів кремнію, заліза, титану та алюмінію.

4.4. Методи морфологічного аналізу поверхневих утворень, растрова електронна мікроскопія, оптична мікроскопія відбивання. Методи вивчення структури поверхні: дифракція повільних електронів, автоіонна та автоелектронна мікроскопія.

4.5. Визначення хімічного складу приповерхневої зони твердих тіл: електронна Оже-спектроскопія, мас-спектроскопія, тунельна мікроскопія.

4.6. Методи визначення стану речовини на поверхні: термостимульована десорбція, УФ та ІЧ-спектроскопія, спектроскопія комбінаційного розсіяння, спектроскопія Мандельштам-Бриллюєнівського розсіяння, еліпсометрія, метод ізотропного обміну, лазерна та польова десорбція, кондуктометрія.

4.7. Оксиди. Вуглецеві матеріали. Зовнішня та внутрішня поверхні. Класифікація пор за розмірами. Мікропори, перехідні пори та макропори. Сили адсорбції і енергія адсорбції. Методи одержання різних дисперсних твердих тіл (кристалічні та аморфні різновидності кремнезему, а також оксиди алюмінію і титану, алюмосилікати, окислене і активоване вугілля, графіт, сажа), їх фізико-хімічні властивості та області практичного використання.

## **5. Адсорбція на поверхні дисперсних твердих тіл**

5.1. Фізична адсорбція газів непористими твердими тілами. Рівняння БЕТ. Визначення питомої поверхні за ємністю моношару.

5.2. Фізична адсорбція газів на пористих твердих тілах. Розподіл пор за розмірами. Рівняння Кельвіна. Типи пор. Петля гістерезису. Краєвий кут. Товщина адсорбованого шару в області капілярної конденсації. Визначення питомої поверхні.

5.3. Фізична адсорбція газів мікропористими адсорбентами.

5.4. Хемосорбція. Основні особливості хемосорбції. Хемосорбція водню, кисню, оксиду вуглецю, азоту, аміаку та амінів. Ізотерма хемосорбції. Теплота хемосорбції.

5.5. Методи визначення об'єму пор (метод Дубініна) та визначення питомої поверхні (метод Каганера). Теорія Поляні. Адсорбційна формула Гіббса. Ізотерма Ленгмюра. Константа Генрі.

5.6. Адсорбція з розчинів низькомолекулярних речовин. Визначення питомої поверхні адсорбції з розчинів та по теплоті змочування. Адсорбція високомолекулярних речовин на поверхні дисперсних твердих тіл. Імобілізація біологічно активних сполук на поверхні.

## **6. Хімічні реакції з участю поверхні дисперсних твердих тіл**

6.1. Природа поверхні оксидів, силікатів, вуглецевих матеріалів.

6.2. Природа поверхні кремнезему. Структура приповерхневого шару кремнезему. Гідроксильована поверхня. Дегідратація та регідратація.

Поверхнева енергія Теплота змочування поверхні кремнезему. Активні центри поверхні кремнезему.

6.3. Фізична адсорбція неіонних сполук з низькою молекулярною масою. Адсорбція парів та вплив дегідроксильованої поверхні. Адсорбція з розчинів в неіонних системах. Неводні розчини. Водні розчини, неіонні системи, водневий зв'язок.

6.4. Іонізація та поверхневий заряд. Гідроксильована поверхня. Дегідроксильована поверхня. Природа іонних заряджених центрів. Сили, що обумовлюють адсорбцію іонів. Реакції іонного обміну на поверхні кремнезему. Криві титрування кислотних та основних груп поверхні. Константа іонізації твердих кислот та основ. Повна, статична та динамічна об'ємні ємності. Селективність іонного обміну. Теорія скляного електроду.

6.5. Хімічні реакції з участю поверхні кремнезему. Типи гетеролітичних реакцій з участю центрів поверхні кремнезему. Хімічна взаємодія кремнезему з алкілхлорсиланами, алкосиланами, гекеаметилдісилазаном, галогенідами елементів III - IV груп Періодичної системи. Взаємодія кремнеземів з галогеноводнями, спиртами. Реакції ізотопного обміну. Участь силосанових зв'язків поверхні в хімічних реакціях. Багатостадійні хімічні реакції на поверхні дисперсних твердих тіл. Функціональні органокремнеземи, їх протолітичні, окислювально-відновні, сорбційні та каталітичні властивості. Гідрофільні та гідрофобні покриття на кремнеземі.

6.6. Фотохімічні процеси з участю поверхні кремнезему та інших оксидних систем.

6.7. Каталіз та хімія поверхні. Синтез закріплених на поверхні комплексів перехідних металів та їх реакційна здатність. Нанесені металічні каталізатори, одержані розкладом поверхневих комплексів. Моделювання активних центрів біокаталізаторів. Адсорбція ферментів на оксидних та вуглецевих носіях. Хімічне конструювання активних центрів на поверхні дисперсних твердих тіл

## **7. Методи дослідження поверхні твердих тіл**

7.1. Електронна адсорбційна спектроскопія. Коливальна та оберտальна спектроскопії: інфрачервона, комбінаційного розсіяння та мікрохвильова Спектроскопія ядерного магнітного резонансу. Спектроскопія електронного парамагнітного резонансу. Месбауерівська спектроскопія. Мас-спектрометрія. Фотоелектронна спектроскопія. Рентгенівська кристалографія.

7.2. Об'ємний метод дослідження адсорбції. Ваговий метод визначення адсорбції. Вимірювання величини адсорбції динамічними методами. Вимірювання теплоти змочування. Визначення адсорбції криптону. Визначення питомої поверхні твердих тіл методом теплової десорбції. Визначення структурних характеристик твердих тіл із вимірювання адсорбції парів. Метод електронної мікроскопії. Ртутна порометрія.

7.3. Хімічний і елементний аналіз поверхні. Термічний і термогравіметричний аналіз поверхні. Десорбційна мас-спектрометрія поверхні.

7.4. Методи вивчення протолітичних, сорбційних і каталітичних властивостей дисперсних твердих тіл. Адсорбція тестових молекул, рН-метрія. Прямий радіометричний метод. Визначення сорбції іонів чи молекул із розчинів. Визначення повної обмінної ємності. Методи визначення констант іонізації функціональних груп поверхні. Вимірювання редокс-потенціалу поверхні.

7.5. Хроматографічний аналіз. Типи хроматографії. Визначення ізотерм і теплот адсорбції із хроматографічних даних. Визначення коефіцієнтів активності і коефіцієнтів розподілу розчинених речовин методом газорідної хроматографії.

## **8. Атомно-молекулярна будова речовини**

### 8.1. Основи квантової механіки.

8.1.1. Рівняння Шредінгера. Потенціальний ящик, Гармонічний осцилятор, ротатор. Рух в однорідному полі. Електрон в періодичному полі. Електронний спектр твердого тіла.

8.1.2. Рух в центральному полі. Момент кількості руху. Додавання моментів. Коефіцієнти Клебша-Гордана, Загальні властивості руху в центральносиметричному полі.

8.1.3. Теорія збурень. Збурення, що не залежать від часу. Теорія збурень для вироджених рівнів. Секулярне рівняння. Збурення, що залежать від часу. Періодичні збурення, Переходи у неперервному спектрі. Переходи під впливом електромагнітного поля. Дипольні переходи. Правила відбору.

8.1.4. Системи багатьох частинок. Тотожність частинок. Принцип нерозрізненості, симетрія хвильових функцій. Обмінна взаємодія. Статистика Бозе і Фермі. Наближення Хартрі і Хартрі-Фока в теорії систем тотожних частинок.

### 8.2. Квантова теорія атомів і молекул.

8.2.1. Атомні рівні енергії. Стани електронів у атомі. Атом гелію. Водневоподібні рівні енергії. Самоузгоджене поле, рівняння Томаса-Фермі. Хвильові функції електронів поблизу ядра. Періодична система елементів. Рентгенівські терми. Атом у зовнішніх полях (ефекти Зеємана і Штарка). Мультипольні моменти. Поляризованість.

8.2.2. Квантова теорія молекул. Рівняння Шредінгера для молекули. Адіабатичне наближення. Молекула водню. Ядерна і електронна задачі. Наближення Гайтлера-Лондона. Природа хімічного зв'язку. Електронні терми двоатомної молекули. Класифікація термів багатоатомних молекул.

### 8.3. Міжмолекулярні взаємодії.

8.3.1. Класифікація міжмолекулярних взаємодій. Далекосяжні взаємодії: електростатичні, індукційні та дисперсні взаємодії. Короткосяжні взаємодії та взаємодії на проміжних відстанях. Обмінні взаємодії. Донорно-акцепторні

взаємодії Водневий зв'язок. Емпіричні та квантово-механічні форми потенціалів міжмолекулярної взаємодії. Вплив оточуючого середовища.

## **9. Принципи термодинаміки і статистичної фізики**

9.1. Термодинамічні величини. Температура, тиск. Перший і другий закони термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Ентропія. Теорема Нернста.

9.2. Методи термодинаміки. Характеристичні функції. Системи із змінним числом частинок. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Термодинамічні нерівності.

9.3. Умови хімічної рівноваги. Закон діючих мас. Теплота реакції Термічна дисоціація, іонізація, збудження. Принцип Ле Шательє.

9.4. Основні принципи статистичної фізики. Теорема Ліувіля в класичній і квантовій статистиці. Мікроканонічний розподіл.

9.5. Канонічний розподіл Гібса. Ентропія. Статистичне обґрунтування закону зростання ентропії. Розподіл Гібса для систем із змінним числом частинок. Великий канонічний ансамбль. Еквівалентність ансамблів.

9.6. Статистичний опис ідеального газу. Розподіл Больцмана. Термодинамічні властивості двоатомного газу з молекулами однакових та різних атомів. Закон про рівномірне розподілення.

9.7. Квантова статистика ідеального газу. Розподіл Бозе. Конденсація Бозе-Ейнштейна. Термодинаміка чорного випромінювання. Розподіл Фермі. Теплоємність та рівняння стану виродженого Фермі-газу.

9.8. Термодинаміка твердих тіл. Формула Дебая. Рівняння стану і теплоємність. Плавлення.

9.9. Неідеальні гази. Розвинення за степенями густини. Віріальні коефіцієнти.

9.10. Теорія флуктуацій. Розподіл Гауса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Формула Пуасона. Кореляції флуктуацій Флуктуації в критичній точці. Кореляція флуктуацій в часі.

## **10. Принципи опису нерівноважних процесів**

10.1. Основи термодинаміки незворотних явищ. Рівняння переносу. Співвідношення симетрії кінетичних коефіцієнтів Онсагера.

10.2. Кінетичне рівняння Больцмана. H-теорема, Метод Чепмена-Енскога. Розрахунок кінетичних коефіцієнтів.

10.3. Броунівський рух. Рівняння Ланжевена Рівняння Фокера-Планка. Дифузія броунівських частинок. Рівняння Ейнштейна-Смолуховського.

10.4. Рівняння Ліувіля. Ланцюжок рівнянь Боголюбова-Борна-Гріна-Кірквуда-Івона. Розвинення за густиною та плазмовим параметром.

10.5. Перенос маси, імпульсу та енергії. Закони збереження. Ідеальна рідина. Рівняння неперервності. Рівняння Ейлера. Рівняння руху в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса.

10.6. Теплопровідність. Рівняння теплопровідності. Початкові та граничні умови.



10.7. Методи подібності й розмірності в теорії теплообміну. Критерії подібності та їх фізичний зміст.

10.8. Турбулентність. Зародження турбулентності. Розвинута турбулентність.

## **11. Агрегатні стани речовини**

11.1. Гази рівняння Ван-дер-Ваальса. Закон відповідних станів. Термодинамічна подібність, Теплоємність Стисливість Ефект Джоуля-Томсона. Методи вимірювання термодинамічних величин. Явища переносу в газах. В'язкість. Теплопровідність. Дифузія. Термо дифузія. Кінетичні явища в сильнорозрідженому газі. Газ Кнудсена.

11.2. Рідини. Будова рідин. Радіальна функція розподілу. Вивчення структури рідин дифракційними методами: рентгенографія, нейтронографія, електроннографія. Статичний структурний фактор. Рівняння стану рідин і густих газів. Густина, стисливість, теплоємність. Термодинамічні функції. Явища переносу.

11.3. Статистична теорія рідин. Частинкові функції розподілу, метод інтегральних рівнянь. Модельні теорії. Методи теорії збурень. Методи комп'ютерного моделювання.

11.4. Молекулярні рідини. Діелектричні властивості. Кореляція орієнтацій. Рідкі кристали.

11.5. Розчини. Правило фаз. Осмотичний тиск. Фазові рівноваги в розчинах. Діаграми стану. Асоціація та сольватація в рідинах та розчинах. Фізико-хімічні основи утворення асоціативних комплексів. Асоціативні рідини.

11.6. Класична теорія електролітів. Сильні та слабкі електроліти. Границі застосування теорії Дебая-Гюккеля. Електропровідність розчинів електролітів. Теорія Дебая-Онзагера. Релаксаційні явища. Ефект Віна. Високочастотний ефект Дебая-Фелькенгагена. В'язкість і дифузія розчинів електролітів.

11.7. Теорія твердого тіла. Пряма і обернена кристалічна ґратка. Група симетрії кристала. Загальні властивості стаціонарних станів кристала, що ґрунтуються на його симетрії. Одноелектронні стани. Структура зон. Класифікація твердих тіл на основі енергетичного спектру одноелектронних станів. Динаміка ґратки. Фонони. Теплоємність твердих тіл за Дебаєм. Електрон-фононна взаємодія.

## **12. Фазові переходи**

12.1. Фазові переходи. Умови рівноваги фаз. Правило фаз Гібса. Критична точка. Фазові переходи першого роду. Фазові переходи другого роду.

12.2. Фазовий перехід газ-рідина. Теорія Ван-дер-Ваальса. Критична область. Флуктуації в критичній області. Критичні показники. Діаграми стану. Закон Клапейрона-Клаузіуса. Критична опалесценція.

12.3. Метастабільні стани. Перегрів, переохолодження. Тиск насичених парів над розчином.

12.4. Плавлення. Кристалізація. Визгін і сублімація.

### **13. Поверхневі явища**

13.1. Термодинаміка і будова поверхневого шару. Поверхневий натяг та поверхневий тиск. Геометричні параметри поверхні. Рівняння Лапласа. Рівновага між поверхневою фазою і газом.

13.2. Адсорбція, хемосорбція, іонний обмін. Взаємодія молекул з поверхнею твердого тіла. Мономолекулярна та полімолекулярна адсорбція. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Кооперативна адсорбція. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гібса. Поверхнево-активні речовини.

13.3. Утворення і будова електричного подвійного шару. Дифузна та гельмгольцівська складові. Термодинамічні співвідношення між поверхневим натягом і електричним потенціалом. Перше і друге рівняння Ліпмана, Товщина і ємність подвійного шару. Статична теорія подвійного шару. Рівняння Пуассона-Больцмана.

13.4. Адгезія, змочування і розтікання рідин. Крайові кути і трикутник Неймана. Розтікання і правило фаз Антонова. Фазові переходи в міжфазних поверхнях. Перехід змочування.

13.5. Особливості статистичної теорії просторово-неоднорідних систем. Потенціал Гібса. Унарна та бінарна функції розподілу. Профілі густини. Тензор тиску. Метод функціоналу густини.

13.6 Поверхневі сили в явищах переносу. Обернений осмос. Електрокінетичні явища. Електрокінетичний.

### **14. Дисперсні системи**

14.1. Класифікація дисперсних систем. Аерозолі, суспензії, емульсії. Енергетика диспергування і конденсації. Отримання колоїдів. Колоїдний стан. Оптичні властивості. Методи дослідження дисперсних систем.

14.2. Седиментаційна рівновага. Молекулярно-кінетичні властивості. Броунівський рух. Закон Ейнштейна-Смолуховського. Осмотичні властивості та мембранна рівновага.

14.3. Агрегативна стійкість і коагуляція дисперсних систем. Умови термодинамічної стійкості дисперсних систем. Стійкість ліофобних дисперсних систем. Теорія Дерягіна-Ландау-Вервея-Овербека. Адсорбційно-сольватний, ентропійний і структурний фактори стійкості.

14.4. Реологічні властивості дисперсних систем.

14.5. Електродинаміка дисперсних систем.

### **15. Складні рідини та самоасоціативні системи**

15.1. Високомолекулярні дисперсні системи. Ідеальний полімерний ланцюг. Ідеї скейлінга у фізиці полімерів. Полімерні гелі. Золь-гель перехід. Високомолекулярні електроліти.

15.2. Рідини в пористих середовищах. Класифікація пористої структури. Вплив пористого середовища на адсорбцію. Капілярна конденсація.

15.3. Самоасоційовані системи. Класифікація поверхнево-активних речовин. Термодинаміка і механізм міцелоутворення. Прямі та обернені міцели. Асоціативна та псевдофазна моделі. Будова і властивості міцел. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) Солюбілізація. Міцелярний каталіз. Бішари, везікули та біологічні мембрани, Мікроемульсії.

## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки, Навч. посібник – 2-ге вид., перер. і доп. К.: Либідь, 2002. С.392.
2. Кобилянський В.Б. Статистична фізика. Київ, 1972.
3. Gompper G., Schick M. Self-assembling amphiphilic systems in Phase Transitions and Critical Phenomena, /ed Domb C. and Lebowitz J.
4. Safran S.A. Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces and Membranes, Ad-WPubl, Comp. Massachusetts, 1995.
5. Micelles, Membranes, Microemulsions and Monolayers, /ed. Gelbart W.M., Ben-Shaul A, Roux D. Springer-Verl, 1994.
6. Hausen J.P. McDonald JR. Theory of Simple Liquids, Ac, Press, N. Y, 1990.
7. Горбик П.П., Горобець С.В., Турелик М.П., Чехун В.Ф., Шпак А.П. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокompatитів. Навчальний посібник – Київ: Наукова думка, 2011. – 294 с.
8. Фізика и химия поверхности. Книга II. Химия поверхности. Том 1. / Под ред. Н.Т.Картеля, В.В.Лобанова. – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «НПП «Интерсервис», 2018. – 636 с.
9. Фізика и химия поверхности. Книга II. Химия поверхности. Том 2. / Под ред. Н.Т.Картеля, В.В.Лобанова. – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «НПП «Интерсервис», 2018. – 476 с.
10. Фізика и химия поверхности. Книга II. Химия поверхности. Том 3. / Под ред. Н.Т.Картеля, В.В.Лобанова. – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «НПП «Интерсервис», 2018. – 720 с.
11. Семенцов Ю.І. Формування структури та властивостей  $sp^2$ -вуглецевих наноматеріалів і функціональних композитів за їх участі / За редакцією акад. НАН України М.Т. Картеля – Київ: Інститут хімії поверхні ім.О.О.Чуйка НАН України; ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2019. – 364 с. ISBN 978–617–696–986–0.
12. Назарчук Г.И., Гона Е.М., Зуб Ю.Л. Синтез, строение и сорбционные свойства мезопористых кремнеземов. функционализированных тиомочевинными группами. // Наноматериалы и нанокompatиты в медицине, биологии, экологии / Под ред. А.П. Шпака, В.Ф. Чехуна // Составители Горбик П.П., Туров В.В – Киев: Наук. Думка, 2011. – 444 с. – С. 47 – 66.
13. Ющенко, К.А. Інженерія поверхні [Текст] : Підручник для студентів

навчальних закладів / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, та інш.; – К.: Наук. думка, 2007. – 558 с.

14. Харламов, Ю.О. Фізика, хімія та механіка поверхні твердого тіла [Текст]: Навчальний посібник / Ю.О. Харламов, М.А. Будаг'янц - Луганськ: Вид-во СУДУ, 2000. - 624 с.

15. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст]: Навч. посібник / В.Д. Кузнецов, К.А. Ющенко, Ю.С. — Київ: ВІПОЛ, 2005. - 372 с.

16. О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. Фізичні основи спінтроніки. Навчальний посібник. Вінниця, Нілан-ЛТД, 2014. 500 с.

17. Д. Д. Шека, Основи магнетизму: Методичний посібник для студентів - К.: КНУ, 2012, 74 с.

18. Волков С.В. Нанохімія наносистеми і наноматеріалів / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огненко, О.В. Решетняк // К. - Наукова думка. - 2008. - 422с.

19. Колоїдна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закладів за ред. М.О. Мchedлова-Петросяна. – Харків, - 2012. – 500 с

20. Основи колоїдної хімії: Фізико-хімія дисперсних систем і поверхневих явищ / Підручник для студ. вищ. навч. закладів за ред. М.О.Мchedлова-Петросяна. – Харків, - 2004. – 299 с.

21. Дібрівний В.М., Сергєєв В.В., Ван-Чин-Сян Ю.Я. Курс колоїдної хімії (Поверхневі явища та дисперсні системи) // – Львів: Інтелект-Захід, - 2008. – 160 с

22. Conway В.Е. Electrochemical supercapacitors / [В.Е. Conway] // Kluwer academic New-York, 1999. – 698 p.

23. Остафійчук Б.К. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення електричної енергії / [Б.К. Остафійчук, І.М. Будзуляк, І.І. Григорчак, І.Ф. Миронюк] - Івано-Франківськ. ВДВ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2007. – 200 с. – ISBN 978-966-640-216-8.

24. Шпак А.П. Отримання та модифікація нанопористого вуглецю для молекулярних накопичувачів електричної енергії / [А.П.Шпак, І.М.Будзуляк, Р.П.Лісовський та ін.]. – К.: Наукова думка, 2006.– 82 с. – ISBN 966-360-029-2.

25. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, В.Л. Карбовский. Кластерные и наноструктурные материалы / К.: Академперіодика, 2001.- 588 с. - ISBN 966-8002-06-7.

26. Алексеев А.Д. Физика угля и горных процессов / К.: Наук. думка, 2010. - 423 с.

27. Заячук Д.М. Низькорозмірні структури і надгратки. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 220 с.
28. Заячук Д.М. Нанотехнології, наноструктури. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 580 с.
29. Будзуляк І.М., Яблонь Л.С., Остафійчук Б.К., Григорчак І.І., Морушко О.В., Хемій О.М. Накопичення заряду в електрохімічних системах, сформованих на основі низькорозмірних структур, Івано-Франківськ, 2018. – 316 с.
30. А.А. Чуйко, Ю.И. Горлов Химия поверхности кремнезема. – К.: Наукова думка, 1992.
31. Корбутяк Д.В., Коваленко О.В., Будзуляк С.І., Мельничук О.В. Наноструктури напівпровідникових сполук  $A_2B_6$ . Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2020. – 184 с.
32. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Самоорганізовані шари на твердій поверхні. Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2006. – 204 с
33. Дурягіна З. А. Фізика та хімія поверхні Монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 208 с.
34. В.І. Гомонай. Фізична та колоїдна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2007.
35. М.О. Мchedлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, С.В. Єльцов, О.М. Дубина, В.Г. Панченко. Колоїдна хімія. – Харків: Фоліо, 2005.
36. А.С. Мороз та ін. Біофізична та колоїдна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2007.
37. Дудик М.В. Термодинаміка і статистична фізика. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 132 с.
38. Єрмолаєв О.М., Рашба Г.І. Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків (2004).
39. О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. Фізичні основи спінтроники. Навчальний посібник. Вінниця, Нілан-ЛТД, 2014. 500 с.
40. Волков С.В. Нанохімія наносистеми і наноматеріалів / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огненко, О.В. Решетняк // К. - Наукова думка. - 2008. - 422с.
41. Колоїдна хімія: Підручник для студ. вищ. навч. закладів за ред. М.О. Мchedлова-Петросяна. – Харків, - 2012. – 500 с
42. Основи колоїдної хімії: Фізико-хімія дисперсних систем і поверхневих явищ / Підручник для студ. вищ. навч. закладів за ред. М.О. Мchedлова-Петросяна. – Харків, - 2004. – 299 с.

43. Дібрівний В.М., Сергєєв В.В., Ван-Чин-Сян Ю.Я. Курс колоїдної хімії (Поверхневі явища та дисперсні системи) // – Львів: Інтелект-Захід, - 2008. – 160 с

### **КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ**

Порядок проведення та критерії оцінювання вступних випробувань регулюється Положенням про організацію вступних випробувань у Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.