

(Ф 03.02 – 110)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
 Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
 Кафедра хімії і хімічної технології



УЗГОДЖЕНО

Декан

В. Чумак
 В. Чумак
 «25» 05 2021р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

А. Полухін
 А. Полухін
 «07» 06 2021 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Фізична хімія»

Освітньо-професійні програми:

«Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів»

«Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

Галузь знань: 16 «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»

Форма навчання	Сем.	Усього (год. / кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПР.З	Л.З	СРС	ДЗ / РГР / К.р	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	5,6	300 /10.0	66	-	83	151	ДЗ(1)-6с	КР-5	5,6 - екзамен
Заочна	5,6,7	300 /10.0	14	-	20	266	Кр(1)-6с Кр(1)-7с	КР-6	6,7 - екзамен

Індекс: РБ-3-161-1/21-2.1.10Індекс: РБ-3-161-1з/21-2.1.10Індекс: РБ-3-161-2/21-2.1.10

СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Фізична хімія»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 10.02.02-01-2021

Стор. 2 із 23

Робочу програму навчальної дисципліни «Фізична хімія» розроблено на основі освітньо-професійних програм «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів» та «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів», навчальних та робочих навчальних планів №НБ-3-161-1/21, №РБ-3-161-1/21, №РБ-3-161-1з/21 та №НБ-3-161-2/21, №РБ-3-161-2/21 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробила:
доцент кафедри хімії і хімічної технології,
доцент _____ /Косенко О.І./


Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійних програм «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів» та «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів», спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» – кафедри хімії і хімічної технології, протокол № 11 від « 18 » 05 2021р.

Гарант освітньо-професійної програми _____ /Кустовська А.Д./
Гарант освітньо-професійної програми _____ /Матвеева О.Л./
Завідувач кафедри _____ /Кустовська А.Д./

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол № 10 від « 18 » 05 2021р.


Голова НМРР _____ /Гроза В.А./

Рівень документа – 3б
Плановий термін між ревізіями – 1 рік
Врахований примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 3 із 23	

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.....	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	5
2. Програма навчальної дисципліни	5
2.1. Зміст навчальної дисципліни.....	5
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля.....	6
2.3. Тематичний план.....	14
2.4. Домашнє завдання, завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН).....	16
2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену	16
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	16
3.1. Методи навчання	16
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	16
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті	17
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	18

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 4 із 23	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Фізична хімія» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 №249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

Місце навчальної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця

Дана дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують галузевий профіль фахівця в області хімічних технологій та інженерії.

Метою викладання дисципліни є вивчення теоретичних основ фізичної хімії як однієї з фундаментальних природничих наук, знання яких необхідні для професійної діяльності будь-якого спеціаліста. Під час вивчення дисципліни студенти отримують знання про фізико-хімічні процеси, які відбуваються в природі та використовуються в хімічній технології, зможуть використати одержані знання, а також навички самостійного виконання експериментів та узагальнення спостережень у майбутній діяльності.


Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- більш глибоке засвоєння провідних ідей, понять і законів хімії, які вже були опрацьовані студентами при вивченні дисциплін хімічної направленості на молодших курсах;
- формування загально навчальних і спеціальних умінь і навичок, для застосування хімічних законів і процесів;
- розвиток навичок практичного застосування теоретичних знань до вирішення фахових задач у сучасних техніці та виробництві.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна.

- знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;

- коректно використовувати у професійній діяльності термінологію на основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 5 із 23	

- знати і розуміти механізм і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх під час проектування і вдосконалення технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;

- здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії.

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.

- здатність вирішувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми хімічних технологій та інженерії, що передбачає застосування теорій та методів хімічних технологій та інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

- здатність до абстрактного мислення, аналізу перебігаючих хімічних процесів та синтезу оптимальних рішень;

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

- здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач;

- здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції.

1.4. Міждисциплінарні зв'язки.

Дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін як «Органічна хімія», «Інструментальні методи хімічного аналізу» та є базою для вивчення подальших дисциплін, а саме: «Загальної хімічної технології», «Хімії і фізики нафти і газу», «Поверхневі явища та дисперсні системи», проходження Хімічної практики та для виконання курсової роботи з дисципліни «Фізична хімія» і курсового проекту з дисципліни «Технологія первинної та глибокої переробки нафти».


2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з п'ятьох навчальних модулів, а саме:

– навчального модуля №1 «Основи хімічної термодинаміки. Хімічна рівновага»;

- навчального модуля №2 «Фазові рівноваги. Розчини»;

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 6 із 23	

–навчального модуля №4 «Електрохімія»;

- навчального модуля №5 «Кінетика хімічних реакцій. Каталіз», кожен з яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Окремим (*третім*) модулем (освітнім компонентом) є курсова робота (КР) (модуль №3), яка виконується у п'ятому семестрі. КР є важливою складовою закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

Модуль №1 «Основи хімічної термодинаміки. Хімічна рівновага»

Інтегровані вимоги модуля №1:

Знати: основні поняття хімічної термодинаміки, поняття внутрішньої енергії, ентальпії, теплоємності, теплових ефектів хімічної реакції; перший та другий закони термодинаміки, закон Гесса; ентропію, енергії Гіббса і Гельмгольца як критерії направлення самочинних процесів; основний закон хімічної рівноваги, рівняння ізотерми, ізобари та ізохори хімічної реакції.


Вміти: розраховувати теплові ефекти хімічних реакцій, визначати можливість і напрям їх самочинного перебігу; володіти методами розрахунків хімічної рівноваги; експериментально визначати теплові ефекти хімічних реакцій і фізико-хімічних процесів, досліджувати хімічну рівновагу та визначати константу рівноваги.

Тема 1. Предмет фізичної хімії. Хімічна термодинаміка. Перший закон термодинаміки.

Предмет і задачі фізичної хімії, основні етапи її розвитку і основні методи дослідження. Основні розділи фізичної хімії. Поняття про хімічну термодинаміку. Класифікація термодинамічних систем і процесів. Внутрішня енергія системи. Перший закон термодинаміки, формулювання, математичний вираз. Застосування першого закону термодинаміки до різних процесів: тепловий ефект процесів при постійному об'ємі та при постійному тиску. Зв'язок теплових ефектів процесів при $V = \text{const}$ і $p = \text{const}$ для конденсованих систем, для систем за участю газів.

Тема 2. Термохімія. Закон Гесса. Розрахунок теплових ефектів на підставі закону Гесса.

Термохімія, правила написання термохімічних рівнянь реакцій. Знак теплового ефекту для екзо- і ендотермічних реакцій. Тепловий ефект хімічної

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 7 із 23	

реакції, визначення, одиниці вимірювання. Теплота утворення хімічної сполуки, теплота згорання. Закон Гесса. Застосування закону Гесса до розрахунку теплового ефекту хімічної реакції за теплою утворення та теплою згорання.

Експериментальне визначення теплових ефектів фізично-хімічних процесів та хімічних реакцій. Калориметрія.

Тема 3. Теплоти розчинення і розведення. Теплоємність. Залежність теплового ефекту від температури.

Інтегральні теплоти розчинення і розведення. Теплота нейтралізації. Теплота гідратування. Теплоємність питома і молярна, істинна і середня, теплоємність при постійному тиску і об'ємі. Зв'язок між теплоємністю при постійному тиску і об'ємі, між істинною і середньою теплоємністю. Залежність теплоємності від температури. Інтерполяційні рівняння. Зміна теплоємності внаслідок протікання хімічної реакції. Залежність теплового ефекту від температури. Рівняння Кірхгофа.

Тема 4. Другий закон термодинаміки. Ентропія.

Самочинні і не самочинні процеси. Другий закон термодинаміки. Поняття ентропії. Зміна ентропії для оборотних і необоротних процесів, для ізольованих систем. Об'єднане рівняння першого і другого закону термодинаміки. Ентропія як критерій можливості і напрямлення процесів в ізольованих системах. Умови рівноваги в ізольованій системі. Ентропія і імовірність. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Рівняння Больцмана. Постулат Планка.

Тема 5. Зміна ентропії в різних процесах. Залежність зміни ентропії хімічної реакції від температури.


Зміна ентропії в різних процесах. Зміна ентропії в результаті хімічної реакції. Залежність зміни ентропії хімічної реакції від температури, приблизний і точний розрахунок.

Тема 6. Енергія Гіббса і енергія Гельмгольца.

Ізохорно-ізотермічний потенціал, ізобарно-ізотермічний потенціал, вільна енергія, зв'язана енергія. Енергія Гіббса і енергія Гельмгольца як критерії напрямлення самочинних процесів. Ізобарний потенціал утворення сполуки.

Методи розрахунку зміни ізобарного потенціалу в хімічній реакції. Залежність ізобарного потенціалу від температури: хід розрахунку при різних наближеннях. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.

Тема 7. Умова рівноваги у відкритих багатокомпонентних системах. Хімічний потенціал.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 8 із 23	

Умова рівноваги у відкритих багатокомпонентних системах. Хімічний потенціал. Залежність хімічного потенціалу ідеального газу від тиску. Хімічний потенціал реальних газів. Поняття про фугітивність і активність.

Тема 8. Хімічна рівновага. Закон діючих мас.

Хімічна рівновага. Закон діючих мас. Вивід закону діючих мас кінетичним і термодинамічним шляхом. Розмірність константи рівноваги. Зв'язок між константами K_p і K_c . Вираз константи рівноваги для гетерогенної реакції. Розрахунок складу рівноважної суміші. Рівняння ізотерми хімічної реакції. Рівняння стандартного ізобарного (ізохорного) потенціалу хімічної реакції.

Тема 9. Принцип Ле-Шательє. Рівняння ізобари і ізохори хімічної реакції. Методи розрахунку констант рівноваги.

Вплив тиску і температури на стан рівноваги і константу рівноваги. Принцип Ле-Шательє. Рівняння ізобари і ізохори хімічної реакції. Методи розрахунку констант рівноваги хімічних реакцій при різних температурах з використанням таблиць стандартних величин термодинамічних функцій. Розрахунок констант рівноваги за методом Тьомкіна-Шварцмана, за методом приведених потенціалів та за методом комбінації рівноваг.

Модуль №2 «Фазові рівноваги. Розчини»


Інтегровані вимоги модуля №2:

Знати: основні поняття теорії фазових рівноваг, правило фаз Гіббса; принципи побудови та вигляд діаграм стану одно-, дво-, та трикомпонентних систем; основні поняття і закони теорії розчинів; поняття ебуліоскопії, криоскопії, осмосу, перегонки, ректифікації, екстракції.

Вміти: користуватися правилом фаз Гіббса та правилом важеля для розрахунків фазових рівноваг та аналізу діаграм стану; застосовувати термічний аналіз для побудови діаграм стану; розраховувати концентрації розчинів та досліджувати їх властивості.

Тема 1. Основні поняття фазових рівноваг. Правило фаз Гіббса. Однокомпонентні системи.

Фазові рівноваги, основні поняття: фаза, складова частина системи, компонент, число ступенів свободи системи. Правило фаз Гіббса та його застосування до розрахунку максимальної кількості фаз та максимального числа ступенів свободи системи. Графічне зображення систем з різною варіантністю. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Діаграма стану (фазова діаграма) системи. Однокомпонентні системи. Діаграма стану води. Потрійна точка.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 9 із 23	

Тема 2. Фазові переходи між кристалічними модифікаціями.

Діаграми стану двокомпонентних систем.

Енантіотропні і монотропні перетворення кристалічних модифікацій.

Діаграма стану однокомпонентної системи з фазовими переходами між кристалічними модифікаціями. Фізико-хімічний і термічний аналіз. Побудова діаграм стану за кривими охолодження. Діаграма стану бінарної евтектичної системи. Основи аналізу діаграм стану. Визначення за діаграмою стану числа і складу рівноважних фаз та співвідношення між масами фаз. Правило важеля.

Тема 3. Діаграми стану двокомпонентних систем з хімічними сполуками та твердими розчинами.

Конгруентне та інконгруентне плавлення. Діаграми стану систем з хімічною сполукою, яка плавиться конгруентно та інконгруентно. Точка дистектики і перитектики. Тверді розчини заміщення і укорінення. Діаграми стану систем з обмеженою та необмеженою розчинністю компонентів в твердому стані.

Тема 4. Двокомпонентні рідкі системи. Діаграми стану трикомпонентних систем.

Діаграми стану двокомпонентних систем з обмеженою розчинністю компонентів в рідкій фазі. Графічне відображення складу трикомпонентних систем за методом Гіббса і методом Розебума. Діаграми стану трикомпонентних рідких систем. Діаграми стану трикомпонентних конденсованих систем.

Тема 5. Розчини. Парціальні мольні величини. Закон Рауля.


Розчини, загальні поняття. Ідеальні, гранично розбавлені та реальні розчини. Способи вираження концентрації розчинів: мольна доля, молярність, моляльність, ваговий процент. Парціальні мольні величини та їх використання для розрахунку екстенсивних властивостей системи. Рівняння Гібса-Дюгема. Рівновага рідина-пара. Закон Рауля. Графічне зображення закону Рауля для ідеальних та реальних розчинів. Відхилення від закону Рауля та їх причини.

Тема 6. Закон Генрі. Ебуліоскопія. Кріоскопія. Осмос.

Розчинність газів в рідинах, її залежність від тиску і температури. Закон Генрі. Підвищення температури кипіння розчинів. Ебуліоскопія. Зниження температури замерзання розчинів. Кріоскопія. Осмос. Осмотичний тиск.

Тема 7. Закони Коновалова. Перегонка. Закон розподілу. Екстракція.

Тиск пари над сумішшю летких рідин. Закони Коновалова. Азеотропні суміші. Діаграма температура кипіння - склад розчину. Фракційна перегонка. Ректифікація. Перегонка з водяною парою. Розподіл речовини між двома рідинами, що не змішуються. Закон розподілу. Екстракція.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 10 із 23	

Тема 8. Розчинність твердих тіл в рідинах. Теорії розчинів.

Залежність розчинності твердих тіл в рідинах від природи речовин і температури. Рівняння ідеальної розчинності Шредера. Теорії розчинів. Значення розчинів в природі і хімічній технології.

Модуль №3 «Курсова робота»

Курсова робота (КР) виконується у п'ятому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій. Її мета та цілі - ознайомлення студента з навичками дослідницької експериментальної роботи, починаючи від роботи з літературою та планування експерименту і закінчуючи оформленням та захистом цієї роботи, а також поглиблення, закріплення та узагальнення теоретичних знань, розвиток навичок їх практичного застосування у вирішенні фахових задач.

Інтегровані вимоги модуля №3:

Знати: основні поняття і закони фізичної хімії, основні методи фізико-хімічних досліджень та методи розрахунків.

Вміти: самостійно працювати з літературою, робити літературний пошук за заданою темою, самостійно розробляти методики та проводити дослідження певного об'єкта, явища тощо, самостійно робити обчислення та аналіз експериментально отриманих даних, будувати графіки залежностей, діаграми, робити узагальнення та висновки.

Модуль №4 «Електрохімія»


Інтегровані вимоги модуля №4:

Знати: властивості розчинів електролітів, електропровідність розчинів електролітів; причини, механізм та теорії електролітичної дисоціації; поняття електроду, гальванічного елементу, електродного потенціалу; класифікацію електродів, гальванічних елементів, правила їх запису; електроліз, його сутність, закони Фарадея.

Вміти: розраховувати константу дисоціації, ступінь дисоціації, рН, електропровідність і іонну силу розчинів електролітів; записувати схеми електродів, гальванічних елементів, розраховувати електродні потенціали та ЕРС гальванічних елементів, робити розрахунки процесу електролізу; проводити дослідження методами кондуктометрії та потенціометрії.

Тема 1. Електрохімія. Розчини електролітів. Електролітична дисоціація.

Предмет і зміст електрохімії. Електроліти та їх класифікація. Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса, її позитивні сторони та недоліки.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 11 із 23	

Константа і ступінь електролітичної дисоціації. Закон розведення Освальда. Ізотонічний коефіцієнт. Причини і механізм електролітичної дисоціації. Схеми рівноваг в розчинах електролітів.

Тема 2. рН розчинів. Гідроліз. Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля.

Електролітична дисоціація води, рН розчинів. Гідроліз, константа і ступінь гідролізу. Міжйонна взаємодія в розчинах електролітів. Середні іонні активність і коефіцієнт активності. Іонна сила розчинів. Правило іонної сили. Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля. Граничний закон Дебая-Гюккеля.

Тема 3. Електропровідність розчинів електролітів.

Сучасні уявлення про розчини електролітів. Основні механізми переносу струму. Провідники I і II роду. Питома та еквівалентна електропровідність, залежність від природи речовин, концентрації і температури. Еквівалентна електропровідність при нескінченному розведенні. Емпірична формула Кольрауша. Закон незалежності руху іонів Кольрауша.

Тема 4. Механізми переносу струму в розчинах. Теорія електропровідності Дебая-Гюккеля-Онзагера. Кондуктометрія.

Числа переносу іонів. Аномальні числа переносу. Естафетний та електронний механізми переносу струму в розчинах. Теорія електропровідності сильних електролітів Дебая-Гюккеля-Онзагера. Електрофоретичний і релаксаційний ефекти гальмування руху іонів в електричному полі, їх вплив на електропровідність. Кондуктометрія. Кондуктометричне титрування.

Тема 5. Електроди. Гальванічні елементи.


Електрод, гальванічний елемент, електрохімічний ланцюг, електрорушійна сила гальванічного елемента. Контактна різниця потенціалу, дифузійний потенціал, електродний потенціал. Механізм виникнення електродних потенціалів. Подвійний електричний шар і його будова. Гальванічний елемент. Правила запису гальванічних елементів, електродів, електродних реакцій.

Тема 6. Електродні потенціали. Рівняння Нернста. Електрохімічний ряд напруг.

Електродні потенціали. Рівняння Нернста. Водневий електрод. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг. Рівняння для розрахунку ЕРС гальванічного елемента.

Тема 7. Класифікація електродів. Термодинаміка гальванічного елемента.

Електроди першого роду оборотні відносно катіонів і аніонів. Амальгамні електроди, газові електроди. Електроди другого роду.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 12 із 23	

Каломельний електрод. Хлорсрібний електрод. Окисно-відновні електроди. Термодинаміка гальванічного елемента.

Тема 8. Класифікація гальванічних елементів. Потенціометрія.

Хімічні і концентраційні гальванічні елементи. Дифузійний потенціал, механізм його виникнення і шляхи усунення. Ланцюги з переносом іонів і без переносу. Методи вимірювання ЕРС гальванічних елементів і електродних потенціалів. Потенціометрія. Потенціометричне визначення рН. Потенціометричне титрування.

Тема 9. Електроліз. Закони Фарадея. Прикладні аспекти електрохімії.

Хімічні процеси при електролізі. Закони Фарадея. Вихід за струмом. Електродна поляризація: хімічна і концентраційна. Деполяризація. Потенціал розкладу електроліту і перенапруга. Прикладні аспекти електрохімії: електрохімічний синтез, хімічні джерела струму.

Модуль №5 «Кінетика хімічних реакцій. Каталіз»

Інтегровані вимоги модуля №5:

Знати: основні поняття і основний закон хімічної кінетики, кінетичні рівняння реакцій; методи визначення порядку реакції; залежність швидкості реакції від температури; основні теоретичні уявлення хімічної кінетики; кінетику складних реакцій, гетерогенних процесів; основи гомогенного та гетерогенного каталізу, ферментативний каталіз.


Вміти: робити розрахунки і визначати порядок і константу швидкості реакції, енергію активації, температурний коефіцієнт швидкості реакції; експериментально досліджувати кінетику хімічних реакцій.

Тема 1. Кінетика хімічних реакцій. Швидкість хімічної реакції, молекулярність і порядок реакції.

Предмет хімічної кінетики і її основні поняття: реакції гомогенні, гетерогенні, лімітуюча стадія реакції, кінетична, дифузійна, перехідна ділянки перебігу реакції. Швидкість хімічної реакції, кінетичні рівняння реакцій, константа швидкості, закон діючих мас. Молекулярність і порядок реакції. Кінетичні рівняння для реакцій першого, другого, третього порядку.

Тема 2. Кінетика складних реакцій. Залежність швидкості хімічної реакції від температури.

Методи визначення порядку реакції і константи швидкості реакції. Кінетика складних реакцій: послідовних, паралельних, оборотних, сполучених. Хімічна індукція. Залежність швидкості хімічної реакції від

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 13 із 23	

температури: температурний коефіцієнт швидкості реакції, правило Вант-Гоффа. Рівняння Арреніуса. Енергія активації і методи її визначення.

Тема 3. Основні теоретичні уявлення хімічної кінетики.

Теорія активних зіткнень. Енергетичні діаграми хімічних реакцій. Теорія активованого комплексу. Кінетичні особливості реакцій в розчинах.

Тема 4. Ланцюгові і фотохімічні реакції.

Ланцюгові реакції, їх стадії, механізм зародження, розвитку і обриву ланцюга. Довжина ланцюга, розгалужені і нерозгалужені ланцюги. Фотохімічні реакції, їх стадії і механізм, шляхи скидання збудження. Закони фотохімії. Квантовий вихід. Загальні ознаки ланцюгового механізму хімічної реакції.

Тема 5. Радіаційно-хімічні реакції. Кінетика гетерогенних процесів.


Радіаційно-хімічні реакції, їх стадії і механізм. Радіаційно-хімічний вихід. Гетерогенні хімічні реакції і їх стадії. Конвекція, дифузія, швидкість дифузії. Рівняння Фіка, коефіцієнт дифузії, його залежність від температури. Експериментальне визначення лімітуючої стадії гетерогенної хімічної реакції. Топохімічні реакції, їх механізм, ступінь перетворення.

Тема 6. Поняття про каталіз. Гомогенний каталіз.

Каталіз, основні поняття і визначення: каталіз, каталізатор, інгібітор, промотор, каталітична отрута. Поняття гомогенних каталітичних реакцій, гетерогенних, автокаталітичних. Каталітична активність і селективність. Теорії гомогенного каталізу: теорія проміжних сполук, теорія активованого комплексу.. Загальний і специфічний кислотно-основний каталіз. Ферментативний каталіз

Тема 7. Гетерогенні каталітичні реакції.

Гетерогенний каталіз і його стадії. Роль адсорбції в гетерогенних каталітичних реакціях. Особливості гетерогенних каталітичних процесів і гетерогенних каталізаторів. Кінетика і енергетичні діаграми гетерогенних каталітичних процесів. Теорії гетерогенного каталізу: мультиплетна теорія Баландіна, теорія активних ансамблів Кобозева, електронна теорія, ланцюгова теорія Семенова. Роль каталізу в хімічній технології.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 14 із 23	

2.3. Тематичний план.

№ пор	Назва теми (тематичного розділу)	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усь ого	Ле кц ії	Лаб ор. заня ття	СР С	Ус ьог о	Ле кц ії	Лаб ор. заня ття	СР С
Модуль №1 «Основи хімічної термодинаміки. Хімічна рівновага»									
1.1	Предмет фізичної хімії. Хімічна термодинаміка. Перший закон термодинаміки.	5 семестр				5 семестр			
		6	2	2	2	5	-	-	5
1.2	Термохімія. Закон Гесса. Розрахунок теплових ефектів на підставі закону Гесса.	9	2	2 2	3	5	1	-	4
1.3	Теплоти розчинення і розведення. Теплоємність. Залежність теплового ефекту від температури.	9	2	2 2	3	5	1	-	4
1.4	Другий закон термодинаміки. Ентропія.	7	2	2	3	5	1	-	4
1.5	Зміна ентропії в різних процесах. Залежність зміни ентропії хімічної реакції від температури.	7	2	2	3	5	-	-	5
1.6	Енергія Гіббса і енергія Гельмгольца.	6	2	2	2	5	1	-	4
1.7	Умова рівноваги у відкритих багатокомпонентних системах. Хімічний потенціал.	6	2	2	2	5	-	-	5
1.8	Хімічна рівновага. Закон діючих мас. Принцип Ле-Шательє.	6	2	2	2	5	1	-	4
1.9	Рівняння ізотерми, ізобари і ізохори хімічної реакції. Методи розрахунку констант рівноваги.	9	2	2 2	3	5	1	-	4
1.10	Модульна контрольна робота №1	4	-	2	2	-	-	-	-
Усього за модулем №1		69	18	26	25	-	-	-	-
Усього за 5 семестр						45	6	-	39
Модуль №2 «Фазові рівноваги. Розчини»									
2.1	Основні поняття фазових рівноваг. Правило фаз Гіббса. Однокомпонентні системи.	5 семестр				6 семестр			
		6	2	2	2	14	-	-	14
2.2	Фазові переходи між кристалічними модифікаціями. Діаграми стану двокомпонентних систем.	9	2	2 2	3	17	1	2	14
2.3	Діаграми стану двокомпонентних систем з хімічними сполуками та твердими розчинами.	10	2	2 2	4	16	-	2	14
2.4	Двокомпонентні рідкі системи. Діаграми	7	2	2	3	16	-	2	14



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Фізична хімія»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 10.02.02-01-2021

Стор. 15 із 23

	стану трикомпонентних систем.								
2.5	Розчини. Парціальні мольні величини. Закон Рауля.	6	2	2	2	17	1	2	14
2.6	Закон Генрі. Ебуліоскопія. Кріоскопія. Осмос.	10	2	2	4	17	1	2	14
2.7	Закони Коновалова. Перегонка. Закон розподілу. Екстракція.	9	2	2	3	17	1	2	14
2.8	Розчинність твердих тіл в рідинах. Теорії розчинів.	6	2	2	2	13	-	-	13
2.9	Модульна контрольна робота №2	3	-	1	2	-	-	-	-
2.10	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	8	-	-	8
Усього за модулем №2		66	16	25	25	-	-	-	-
Модуль №3 «Курсова робота»									
3.1	Виконання та захист курсової роботи	30	-	-	30	30	-	-	30
Усього за 5 семестр		165	34	51	80	-	-	-	-
Усього за 6 семестр		-	-	-	-	165	4	12	149
Модуль №4 «Електрохімія»									
3.1	Електрохімія. Розчини електролітів. Електролітична дисоціація.	6 семестр				7 семестр			
		7	2	2	3	5	1	-	4
3.2	pH розчинів. Гідроліз. Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля.	7	2	2	3	4	-	-	4
3.3	Електропровідність розчинів електролітів.	7	2	2	3	6	-	2	4
3.4	Механізми переносу струму в розчинах. Теорія електропровідності Дебая-Гюккеля-Онзагера. Кондуктометрия.	8	2	2	4	4	-	-	4
3.5	Електроди. Гальванічні елементи.	5	2	-	3	7	-	2	5
3.6	Електродні потенціали. Рівняння Нернста. Електрохімічний ряд напруг.	8	2	2	4	5	1	-	4
3.7	Класифікація електродів. Термодинаміка гальванічного елемента.	7	2	2	3	4	-	-	4
3.8	Класифікація гальванічних елементів. Потенціометрія.	7	2	2	3	4	-	-	4
3.9	Електроліз. Закони Фарадея. Прикладні аспекти електрохімії.	7	2	2	3	5	-	-	5
3.10	Модульна контрольна робота №4	4	-	2	2	-	-	-	-
Усього за модулем №4		67	18	18	31	-	-	-	-
Модуль №5 «Кінетика хімічних реакцій. Каталіз»									
4.1	Кінетика хімічних реакцій. Швидкість хімічної реакції, молекулярність і порядок реакції.	6 семестр				7 семестр			
		8	2	2	4	6	1	-	5
4.2	Кінетика складних реакцій. Залежність швидкості хімічної реакції від температури.	9	2	2	5	7	-	2	5
4.3	Основні теоретичні уявлення хімічної	6	2	-	4	4	-	-	4

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021						
		Стор. 16 із 23							

	кінетики.								
4.4	Ланцюгові і фотохімічні реакції.	8	2	2	4	4	-	-	4
4.5	Радіаційно-хімічні реакції. Кінетика гетерогенних процесів.	8	2	2	4	7	-	2	5
4.6	Поняття про каталіз. Гомогенний каталіз.	9	2	2	5	5	-	-	5
4.7	Гетерогенні каталітичні реакції.	8	2	2	4	5	1	-	4
4.8	Домашнє завдання	8	-	-	8	-	-	-	-
4.9	Модульна контрольна робота №5	4	-	2	2	-	-	-	-
4.10	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	8	-	-	8
Усього за модулем №5		68	14	14	40	-	-	-	-
Усього за 6 семестр		135	32	32	71	-	-	-	-
Усього за 7 семестр		-	-	-	-	90	4	8	78
Усього за навчальною дисципліною		300	66	83	151	300	14	20	266

2.4. Домашнє завдання, завдання на контрольні (домашні) роботи (ЗФН).

Завдання для виконання розробляються автором робочої програми. Навчальні матеріали затверджуються протоколом засідання випускової кафедри, доводяться до відома студента індивідуально і виконуються відповідно до методичних рекомендацій.

2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми, затверджується на засіданні кафедри та доноситься до відома студентів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ


3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, частково-пошуковий, проблемного викладення, дослідницький. Зокрема, при застосуванні дослідницького методу застосовуються такі навчальні технології, як - «мозковий штурм», «навчання через задачі».

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Руднева С.І., Дженюк А.В., Сахненко М.Д. Фізична хімія: навчальний посібник для самостійної та дистанційної підготовки до лабораторних робіт з курсу фізичної хімії для студентів хімічних спеціальностей. –Харків: НТУ «ХПІ», 2020. 269 с.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 17 із 23	

3.2.2. Чумак В.Л., Іванов С.В. Фізична хімія. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 648 с.

3.2.3. Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія. – Ужгород: ВАТ “Патент”, 2004. – 712 с.

3.2.4. Лебідь В.І. Фізична хімія. – Харків: Фоліо, 2005. – 478 с.

3.2.5. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Фізична хімія: Підручник.-Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка, 2007.- 800 с.

3.2.6. Яцимирський В.К. Фізична хімія: Підручник.- К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2007. - 512с.

3.2.7. Косенко О. І., Іванов С.В., Максимюк М. Р. та ін. Фізична хімія: лабораторний практикум. – К.: НАУ, 2021. – 76 с.

3.2.8. Курмакова І.М., Бондар О.С. Практичний курс фізичної хімії: Навчальний посібник. – Чернігів: НУЧК, 2018. – 100 с.

Допоміжна література

3.2.7. Фізична і колоїдна хімія / В.І.Кабачний, Л.К.Осипенко, Л.Д.Грицан та ін.; Під ред. В.І.Кабачного. – Х: Видавництво НфаУ, 2005. – 344 с.

3.3 Інформаційні ресурси в інтернеті


3.3.1. <http://www.lib.nau.edu.ua>

3.3.2. <https://ptable.com/>

3.3.3. http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/fizicheskaja_himija/

3.3.4. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/spravochniki>

3.3.5. <https://www.coursera.org/search?query=physical%20chemistry&>


	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 18 із 23	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Мах кількість балів		Вид навчальної роботи	Мах кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навч-ня		Денна форма навч-ня	Заочна форма навч-ня
5 семестр			5 семестр (6 семестр ЗФН)		
Модуль №1 «Основи хімічної термодинаміки. Хімічна рівновага»			Модуль №2 «Фазові рівноваги. Розчини»		
Вид навчальної роботи	бали	бали	Вид навчальної роботи	бали	бали
Виконання та захист лабораторних робіт	18	бали	Виконання та захист лабораторних робіт	16	18
Поточний контроль	14		Поточний контроль	12	-
			Відповіді на лабораторних заняттях (включаючи опрацювання навчального матеріалу лекційних занять)	-	22
			Виконання контрольної (домашньої) роботи	-	20
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	19	-	<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i>	17	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	10	-	Виконання модульної контрольної роботи №2	10	-
Усього за модулем №1	42	-	Усього за модулем №2	38	-
Усього за модулями №1, №2				80	60
Семестровий екзамен				20	40
Усього за дисципліною				100	
Модуль №3 «Курсова робота»					
5 семестр (6 семестр ЗФН)					
Вид навчальної роботи	Мах кількість балів				
	Денна та заочна форма навчання				
Виконання курсової роботи	60				

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 19 із 23	

Захист курсової роботи	40
Виконання та захист курсової роботи	100


6 семестр (7 семестр ЗФН)					
Модуль № 4 «Електрохімія»			Модуль № 5 «Кінетика хімічних реакцій. Каталіз»		
Вид навчальної роботи	бали	бали	Вид навчальної роботи	бали	бали
Виконання та захист лабораторних робіт	18	10	Виконання та захист лабораторних робіт	12	10
Поточний контроль	14	-	Поточний контроль	12	-
Відповіді на лабораторних заняттях (включаючи опрацювання навчального матеріалу лекційних занять)	-	10	Відповіді на лабораторних заняттях (включаючи опрацювання навчального матеріалу лекційних занять)	-	10
			Виконання домашнього завдання	4	-
			Виконання контрольної (домашньої) роботи	-	20
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	19	-	<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i>	17	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	10	-	Виконання модульної контрольної роботи №2	10	-
Усього за модулем №4	42	-	Усього за модулем №5	38	-
Усього за модулями №4, №5				80	60
Семестровий екзамен				20	40
Усього за дисципліною				100	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 3).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Підсумкова модульна рейтингова оцінка, отримана студентом за результатами виконання та захисту **курсвої роботи** в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до відомості модульного контролю, а також до навчальної картки, залікової книжки та Додатку до диплома, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.5. Сума підсумкової семестрової модульної та **екзаменаційної** рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 5).

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 20 із 23	

4.6. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента, наприклад, так: **92/Відм./А**, **87/Добре/В**, **79/Добре/С**, **68/Задов./D**, **65/Задов./E** тощо.

4.7. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни визначається як середньоарифметична оцінка з підсумкових семестрових рейтингових оцінок у балах (з цієї дисципліни - за *п'ятий та шостий* семестри) з наступним її переведенням в оцінки за національною шкалою ECTS.

Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)


АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН


	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 22 із 23	

Додаток 3

**Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою
(рекомендовані значення)**

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	12-13	13-14	14-15	Відмінно Добре Задовільно
2,5	3	4	5	6	6-7	7-8	8	9	10-11	11-12	12-13	
2	2,5	3	4	4-5	5	6	6-7	7-8	8-9	9-10	9-11	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27	Відмінно Добре Задовільно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-21	19-22	20-23	20-24	
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39	Відмінно Добре Задовільно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34	
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51	Відмінно Добре Задовільно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-45	
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63	Відмінно Добре Задовільно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56	
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	68-75	Відмінно Добре Задовільно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67	
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55	
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87	Відмінно Добре Задовільно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77	
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64	

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2021
		Стор. 23 із 23	

Додаток 5

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)