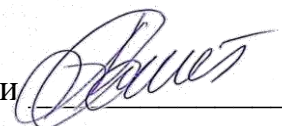


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Кафедра фізичної та колоїдної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри фізичної
та колоїдної хімії хімічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри



Олександр РЕШЕТНЯК

Силабус з навчальної дисципліни
«ПРОЦЕСИ НА ЗАРЯДЖЕНИХ МІЖФАЗНИХ МЕЖАХ»,
що викладається в межах освітньо-наукової програми ХІМІЯ
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності 102 «Хімія»

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	«Процеси на заряджених міжфазних межах» (7 семестр)
Адреса викладання дисципліни	Навчальний корпус хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія 6/6а.
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки 102 Хімія
Викладачі дисципліни	Ковалишин Ярослав Степанович, к.х.н., доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії – лектор, – лабораторні заняття.
Контактна інформація викладачів	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії, вул. Кирила і Мефодія 6/6а, к. 127; тел. (032) 2600397 електронна пошта: yaroslav.kovalyshyn@lnu.edu.ua
Консультації по дисципліні відбуваються	<i>Консультації під час семестру:</i> 1) очно при попередній домовленості з викладачем за адресою: хімічний факультет, вул. Кирила і Мефодія, 6, ауд. 122 чи лабор. 117; 2) заочно через електронну пошту
Сторінка дисципліни	Матеріали до дисципліни розміщені у системі MOODLE ЛНУ імені Івана Франка за адресою: https://e-learning.lnu.edu.ua/mod/forum/view.php?id=4367
Інформація про дисципліну	«Процеси на заряджених міжфазних межах» (7 семестр) є дисципліною вільного вибору для студентів хімічного факультету, яка викладається в першому семестрі четвертого року навчання в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	<p>Дисципліна " Процеси на заряджених міжфазних межах" є складовою циклу професійної підготовки фахівців в межах першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та ґрунтується на матеріалі базових нормативних дисциплін (зокрема «Фізична хімія», «Фізика», «Неорганічна хімія», «Аналітична хімія», тощо), а також є базовою для вивчення інших нормативних хімічних дисциплін (зокрема «Колоїдна хімія», «Хімічна технологія», «Хемо- та біосенсорика») та дисциплін вільного вибору студента ("Корозія та антикорозійний захист", "Хімічні джерела електричної енергії", "Речовина в інтерфазі", "Самоорганізовані шари на поверхні твердих тіл", і т. д.).</p> <p>Програма курсу «Процеси на заряджених міжфазних межах» передбачає вивчення студентами рівноважних та нерівноважних властивостей заряджених міжфазних меж, будови поверхні твердих тіл, електричних властивостей твердих тіл та електролітів, сорбційних процесів, принципів функціонування хімічних джерел струму. В структурі курсу розглядаються процеси перенесення заряду через міжфазну межу тверде тіло – рідина. Особлива увага акцентується на будові твердої та рідкої фаз, нових досягненнях у дослідженні поверхні твердого тіла, зв'язку її складу і будови з процесами сорбції, корозії, іонізації–розряду. Розглянуто також структуру розчинів електролітів, структурні особливості твердих електролітів, а також нерівноважні процеси в електролітах. Окремий розділ присвячено опису сорбційних процесів, структурі адсорбційних шарів та кількісному аналізу процесів адсорбції. Значна увага приділяється прикладним проблемам електрохімії – електрохімічним перетворювачам енергії, видам корозії та антикорозійному захисту, хемотроніці.</p> <p>Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання та виробити навички з різних форм застосування набутих знань та напрацювань,</p>

	<p>обов'язкові для того, щоб розкрити власний науковий потенціал та оформити наукові результати у цілісний продукт.</p>
<p>Мета та цілі дисципліни</p>	<p>Основною метою і завданням курсу є показати студенту місце навчальної дисципліни «Процеси на заряджених міжфазних межах» в системі хімічної галузі знань та її методологічну роль як теоретичної основи при описі таких явищ як адсорбція, формування подвійного електричного шару, корозії-йонізації та ін.; а також формування необхідних знань в галузі електрохімічної термодинаміки та кінетики, будови поверхні твердих тіл, електричних властивостей твердих тіл та електролітів, а саме при описі рівноважних та нерівноважних властивостей заряджених міжфазних меж, процесів перенесення заряду через міжфазну межу, структури розчинів електролітів, структурних особливостей твердих електролітів, нерівноважних процесів в електролітах, сорбційних процесів, електрохімічних перетворювачів енергії, видів корозії та антикорозійного захисту, хемотроніки; набуття практичних навичок проведення досліджень електрохімічних, сорбційних корозійних та ін. процесів, використання отриманих знань для здійснення розрахунків параметрів відповідних процесів.</p>
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p style="text-align: center;">Основна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Є.П. Ковальчук, О.В. Решетняк</i>. Фізична хімія: Підручник. – Львів: Видавничий цент ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 2. <i>Є. П. Ковальчук</i>. Процеси на заряджених міжфазних межах. – К., 1991. 3. <i>Gregory C. Stangle</i>. Modelling of Materials Processing: An approachable and practical guide. – Springer Science & Business Media, 2013. 928 p. 4. <i>John O'M. Bockris, Amulya K.N. Reddy</i> Modern Electrochemistry 2B: Electroics in Chemistry, Engineering, Biology and Environmental Science. – Springer Science & Business Media, 2007. 516 p. 5. <i>Wesley R. Browne</i> Electrochemistry. – Oxford University Press, 2018. 152 p. 6. <i>Uziel Landau, Ernest B. Yeager, Diane Kortan</i> Electrochemistry in Industry: New Directions. – Springer US, 1982. 388 p. 7. <i>D Pletcher, R Greff, R Peat, L M Peter, J Robinson</i> Instrumental Methods in Electrochemistry. – Elsevier, 2001. 450 p. 8. <i>Noam Eliaz, Eliezer Gileadi</i> Physical Electrochemistry: Fundamentals, Techniques, and Applications. – John Wiley & Sons, 2019 . 480 p. 9. <i>Rudolf Holze</i> Experimental Electrochemistry: A Laboratory Textbook. – John Wiley & Sons, 2019 . 288 p. 10. <i>P. J. Gellings</i> Handbook of Solid State Electrochemistry. – CRC Press, 2019. 644 p. <p style="text-align: center;">Додаткова</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. <i>J. Bard, L. R. Faulkner</i>. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications – Wiley: New York, 2001. 12. <i>H. H. Girault</i>. Analytical and Physical Electrochemistry – EPFL Press: Lausanne, 2004, Chap. 4. 13. <i>J. O. Bockris, A. K. N. Reddy</i>. Modern Electrochemistry Part 1: Ionics – Plenum Press: New York, 1998, Chap. 4. 14. <i>A. J. Bard, L. R. Faulkner</i>. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications – Wiley: New York, 2001. 15. Фізична хімія тонких плівок. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2005. 16. <i>Ковальчук Є.П., Решетняк О.В.</i> Самоорганізовані шари на твердій поверхні. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2006. 17. <i>John Cuppoletti</i> Nanocomposites and Polymers with Analytical Methods. BoD – Books on Demand, 2011. 418 p.

	<p style="text-align: center;">Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. www.elsevier.com 2. www.wiley.com 3. http://pubs.acs.org/ 4. http://chemetal-journal.org/ 5. http://chem.lnu.edu.ua/visnykk/index.htm 6. http://nbuv.gov.ua/ 7. http://www.sciencedirect.com/ 8. https://www.scopus.com/ 9. http://webofknowledge.com/ 10. https://www.researchgate.net/ 11. https://mon.gov.ua 12. http://chemistry.dnu.dp.ua/ 13. http://science2016.lp.edu.ua/chcht
Тривалість курсу	4 рік підготовки (7 семестр)
Обсяг курсу	Навчальний курс охоплює 3 кредитів (90 год). Курс складається з 32 год лекційних та 32 год лабораторних занять, 26 год самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення дисципліни студенти повинні опанувати передбачені програмою розділи курсу «Процеси на заряджених міжфазних межах», що означає:</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> – природу та причини виникнення стрибків потенціалу на міжфазних межах; – модельні уявлення про будову подвійного електричного шару; – типи твердих поверхонь та їх властивості; – суть експериментальних методів дослідження процесів на міжфазних межах; – передбачені програмою формули, які описують основні закономірності перенесення заряду через міжфазні межі. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оцінювати значення та швидкість встановлення потенціалу електроду методом потенціометрії; – виводити передбачені програмою формули та проводити з ними необхідні для вирішення конкретних задач перетворення; – визначати електрохімічні параметри взаємодії твердих поверхонь з розчинами електролітів методом циклічної вольтамперометрії, діелектричну проникність та тангенс кута діелектричних втрат, кінетичні параметри стаціонарної та нестаціонарної дифузії; – модифікувати поверхню електродів, проводити хронопотенціометричні дослідження; – володіти технікою проведення експериментальних досліджень в обсязі, передбаченому програмою, а також технікою коректної інтерпретації та обробки отриманих експериментальних даних. <p>У результаті успішного вивчення курсу студент набуде загальних компетентностей:</p> <p>ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК 4. Відкритість до застосування хімічних знань та вмінь в широкому діапазоні майбутніх місць роботи та в повсякденному житті.</p> <p>ЗК 5. Здатність працювати в команді та автономно.</p>

- ЗК 6.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК 7.** Здатність здійснювати математичні розрахунки, оцінку та аналіз помилок, правильно використовувати одиниці та способи представлення даних.
- ЗК 9.** Навички до представлення комплексних даних усно та письмово.
- ЗК 13.** Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- ЗК 14.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 15.** Здатність бути критичним і самокритичним.

та *спеціальних (фахових) компетентностей*:

- СК 1.** Розуміння ключових хімічних понять, основних фактів, концепцій, принципів і теорій, що стосуються природничих наук та наук про життя та землю, для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.
- СК 2.** Вміння застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем відомої природи
- СК 3.** Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати стандартну методологію до вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.
- СК 4.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- СК 5.** Навички в практичному застосуванні теоретичних відомостей.
- СК 7.** Практичні навички, що дають змогу зрозуміти ризики та безпечно працювати, виконуючи професійні обов'язки.
- СК 8.** Здатність здійснювати лабораторні дослідження під керівництвом та автономно, навички необхідні для проведення лабораторних процедур, пов'язаних з синтетичною та аналітичною роботою.
- СК 9.** Вміння здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, вміння описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.
- СК 10.** Вміння використовувати стандартне хімічне обладнання.
- СК 11.** Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

Програмні результати навчання:

Знання:

- ПР37.** Знання основних принципів квантової механіки, здатність застосовувати їх для опису будови атома, молекул та хімічного зв'язку.
- ПР38.** Базові знання принципів і процедур фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типового обладнання та приладів.
- ПР39.** Знання основ планування та проведення експериментів, методики та техніки приготування розчинів та реагентів.
- ПР310.** Знання основних принципів термодинаміки та хімічної кінетики, здатність до їхнього застосування для вирішення практичних задач.

Уміння:

- ПРУ2.** Здійснювати експериментальну роботу під керівництвом, з метою перевірки гіпотез та дослідження явищ і хімічних закономірностей.
- ПРУ3.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.
- ПРУ4.** Виконувати комп'ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.
- ПРУ5.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.
- ПРУ6.** Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій,

	<p>принципів та теорій з хімії.</p> <p>ПРУ7. Використовувати свої знання та розуміння на практиці для вирішення задач та проблем відомої природи.</p> <p>ПРУ8. Готувати розчини та реагенти, планувати та здійснювати хімічні експерименти.</p> <p>ПРУ9. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.</p> <p>Комунікація:</p> <p>ПРК1. Здатність до фахового спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією.</p> <p>ПРК3. Вміння відображати результати своїх наукових досліджень у письмовому вигляді.</p> <p>ПРК4. Здатність до презентації результатів своїх досліджень.</p>
Ключові слова	Міжфазна межа; електрохімічний, внутрішній, зовнішній та поверхневий потенціали; Гальвані- та Вольта-потенціали; адсорбція; подвійний електричний шар; електрохімічний ланцюг; енергія гідратації; інтегральна та диференціальна ємність; хронопотенціометрія; потенціал нульового заряду; струм обміну; анодний та катодний струми; дифузія міграція йонів; супер-йонні провідники; поляризація твердих тіл; корозія; фотовольтаїчні та фотоелектричні чарунки.
Формат курсу	Очний: лекційні та лабораторні заняття; виконання контрольних робіт та здача колоквиумів, проведення консультації у випадку труднощів з опануванням матеріалу
Теми	Теми курсу наведені в таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Усний іспит в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізична хімія», «Фізика», «Вища математика», «Неорганічна хімія», «Аналітична хімія», «Органічна хімія», необхідних для сприйняття категоріального апарату курсу, проведення необхідних математичних перетворень та розуміння суті описуваних фізико-хімічних явищ.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Використовуються такі методи навчання:</p> <p>а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, консультація, бесіда, інструктаж (вступний та поточний під час виконання лабораторних робіт);</p> <p>б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками, фото- та відеоматеріалами;</p> <p>в) <i>практичні</i> – виконання лабораторних робіт, індивідуальних тестових та письмових контрольних завдань.</p>
Необхідне обладнання	<p><i>Лекційні заняття</i> – мультимедійна установка та ноутбук.</p> <p><i>Лабораторні заняття</i> – обладнання навчальної лабораторії кафедри фізичної та колоїдної хімії (потенціостати, амперметри, вольтметри, частотомір, фотоколориметр, джерело живлення, тощо).</p>
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: лабораторні роботи: 40 % семестрової оцінки; колоквиуми: 10 % семестрової оцінки; іспит: 50 % семестрової оцінки. Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p>*Для того, щоб вид навчальної роботи був зарахований студентові необхідно набрати не менше 50 балів.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти оформлять звіти про виконання всіх лабораторних робіт.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями з відповідними висновками. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої</p>

академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовому звіті студента є підставою для його незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на лабораторних заняттях та бали підсумкового опитування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Умови допуску студента до підсумкового контролю (іспиту):

– виконання та здача звітів про всі поточні види роботи;

– набрати ≥ 25 балів (у 50-бальній шкалі) за поточні види роботи.

Іспит: максимально – 50 балів;

Підсумкова оцінка: 100 семестрових балів.

Поточне оцінювання з курсу “Хімічна технологія” (7 семестр)

Поточні види роботи	Кількість оцінювань	Кількість* балів	Максимальна сума балів за вид роботи
Лабораторні роботи	8	Від 0 до 4,0 (допуск) +	32
Виконання та захист	8	Від 0 до 1,0 (захист)	8
Колоквіуми	2	Від 0 до 5,0	10
Всього протягом семестру (визначається сумарний бал)			50

При цьому оцінка за лабораторну роботу включає в себе:

- оцінку за теоретичну підготовку (усне або письмове опитування): 0 – 4,0 бала (0 – незадовільно, 0,5-1,0 – задовільно, 1,5-2 – посередньо, 2,5-3,5 – добре, 4,0 – відмінно);

- виконання роботи, оформлення звіту та захист звіту: 0-1,0 бала (0 – незадовільно, 0,5 – виконання роботи, однак при розрахунках допущено незначні помилки, 1,0 – виконання роботи з якісно оформленим звітом);

При цьому оцінка за складання колоквіумів включає в себе:

- 0–5 балів (залежно від кількості наданих вірних відповідей на завдання колоквіуму);

Рейтингове підсумкове оцінювання знань студентів (у балах)

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою
		Залік

	A	90–100	5	відмінно		
	B	81–89	4	дуже добре		
	C	71–80		добре		
	D	61–70	3	задовільно		
	E	51–60		достатньо		
	FX	30–50	2	незадовільно	можливість повторної здачі	
	F	1–29			обов'язковий повторний курс	
Опитування	Перелік завдань та питань для усного опитування розміщений на сторінці курсу на платформі Moodle (e-learning.lnu.edu.ua).					
	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.					

Таблиця 1. Схема курсу

Тижень день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література. ***Ресурси в інтернеті	Завдання	Термін виконання
1.	Тема 1. Загальна характеристика та рівновага в електрохімічних системах. Провідники першого та другого роду. Електроди та електрохімічні ланцюги. Класифікація електродів та електрохімічних ланцюгів. Гальванічні елементи та електролізери. Термодинаміка гальванічного елемента. <i>Адсорбція на межі розділу фаз.</i> Позитивна та негативна адсорбція. Рівняння Гіббса. Розподіл концентрацій компонентів розчину біля електродної поверхні. Електрохімічна термодинаміка, іоніка та електрохімічна кінетика.	Лекція, лабора- торні заняття	Основна 1. <i>Є.П. Ковальчук, О.В. Решетняк.</i> Фізична хімія: Підручник. – Львів: Видавничий цент ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 2. <i>Є. П. Ковальчук.</i> Процеси на заряджених міжфазних межах. – К., 1991. 3. <i>Gregory C. Stangle.</i> Modelling of Materials Processing: An approachable and practical guide. – Springer Science & Business Media, 2013. 928 p. 4. <i>John O'M. Bockris, Amulya K.N. Reddy</i> Modern Electrochemistry 2B: Electroics in Chemistry, Engineering, Biology and Environmental Science. – Springer Science & Business Media, 2007. 516 p. 5. <i>Wesley R. Browne</i> Electrochemistry. – Oxford University Press, 2018. 152 p. 6. <i>Uziel Landau, Ernest B. Yeager, Diane Kortan</i> Electrochemistry in Industry: New Directions. – Springer US, 1982. 388 p. 7. <i>D Pletcher, R Greff, R Peat, L M Peter, J Robinson</i> Instrumental Methods in Electrochemistry. – Elsevier, 2001. 450 p. 8. <i>Noam Eliaz, Eliezer Gileadi</i> Physical Electrochemistry: Fundamentals, Techniques, and Applications. – John Wiley & Sons, 2019. 480 p. 9. <i>Rudolf Holze</i> Experimental Electrochemistry: A Laboratory Textbook. – John Wiley & Sons, 2019. 288 p. 10. <i>P. J. Gellings</i> Handbook of		Вересень
2.	Тема 2. Стрибки потенціалу на міжфазних межах. <i>Стрибки потенціалу на фазових межах металу та розчину.</i> Електрохімічний, внутрішній, зовнішній та поверхневий потенціали. Гальвані- та Вольта-потенціали. Рівняння Нернста. Нульові розчини. <i>Різні випадки утворення подвійного електричного шару на межі електрод – розчин.</i> Потенціал нульового заряду. Ідеально поляризуємі та неполяризуємі електроди. Поверхнево-активні та поверхнево-неактивні електроліти.	Лекція, лабора- торні заняття			Вересень
3.	Тема 3. Подвійний електричний шар та методи його дослідження. Адсорбційний метод дослідження подвійного електричного шару. Метод радіоактивних індикаторів. <i>Електрокапілярний метод дослідження подвійного електричного шару.</i> Метод стаціонарних крапель та капілярного електрометра. Струм	Лекція, лабора- торні заняття			Вересень

	заряджання. <i>Основне рівняння електрокапілярності.</i> Рівняння Фрумкіна. Рівняння Ліпмана. Електрокапілярні криві. Розподіл іонів біля поверхні електрода в розчинах поверхнево-неактивних електролітів та у випадку специфічної адсорбції іонів.		Solid State Electrochemistry. – CRC Press, 2019. 644 p. <i>Додаткова</i> 11. J. Bard, L. R. Faulkner. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications – Wiley: New York, 2001. 12. H. H. Girault. Analytical and Physical Electrochemistry – EPFL Press: Lausanne, 2004, Chap. 4. 13. J. O. Bockris, A. K. N. Reddy. Modern Electrochemistry Part 1: Ionics – Plenum Press: New York, 1998, Chap. 4. 14. A. J. Bard, L. R. Faulkner. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications – Wiley: New York, 2001. 15. Фізична хімія тонких плівок. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2005. 16. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Самоорганізовані шари на твердій поверхні. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2006. 17. John Cuppoletti Nanocomposites and Polymers with Analytical Methods. BoD – Books on Demand, 2011. 418 p. <i>Інформаційні ресурси:</i> 1. www.elsevier.com 2. www.wiley.com 3. http://pubs.acs.org/ 4. http://chemetal-journal.org/ 5. http://chem.lnu.edu.ua/visnykk/index.htm 6. http://nbuv.gov.ua/ 7. http://www.sciencedirect.com/ 8. https://www.scopus.com/ 9. http://webofknowledge.com/ 10. https://www.researchgate.net/ 11. https://mon.gov.ua 12. http://chemistry.dnu.dp.ua/ 13. http://science2016.lp.edu.ua/chcht		
4.	Проблема Вольта і проблема абсолютного стрибка потенціалу. Визначення Вольта-потенціалу та робота виходу електрона. Робота перенесення на межі фаз. Вольта-потенціал на межі двох металів, схема установки для його вимірювання. Виникнення різниці потенціалів у правильно розімкненому електрохімічному ланцюзі згідно теорій А. Вольта та В. Нернста. Проблема Вольта. Проблема абсолютного стрибка потенціалу. Визначення хімічної енергії гідратації окремого іона.	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>		<i>Вересень</i>	
5.	Тема 5. Ємність подвійного електричного шару. Струм заряджання. Фарадеївський струм. Поляризація електрода. Залежність ємності від частоти змінного струму. Еквівалентні електричні схеми електрохімічної чарунки за відсутності електродних процесів. Повний опір електричного ланцюга змінному струму – імпеданс. Вимірювання ємності за допомогою моста змінного струму. Інтегральна та диференціальна ємність подвійного електричного шару. Визначення адсорбції органічних речовин на електроді ємнісним методом. Метод кривих заряджання (хронопотенціометрія). Потенціодинамічний метод. Основи термодинамічної теорії стану поверхні електродів, які адсорбують водень та кисень. Поняття про заряд електрода. Потенціали нульового повного та вільного заряду. Ізотерма адсорбції атомів водню на платиновому електроді. Природа стрибка потенціалу на платиновому електроді. Методи дослідження межі розчин – повітря.	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>		<i>Вересень</i>	
6.	Тема 6. Модельні уявлення про будову подвійного електричного шару. Теорія Гельмгольца. Теорія Гуї-Чапмена. <i>Основні положення теорії Гельмгольца.</i> Розподіл напруженості поля поблизу двох	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>		<i>Жовтень</i>	

	<p>площин з рівномірно розмазаними зарядами. Розподіл потенціалу та ємність подвійного електричного шару згідно теорії Гельмгольца. Порівняння характеристик подвійного електричного шару, розрахованих на основі теорії Гельмгольца, з експериментальними даними.</p> <p><i>Основні положення теорії Гуї-Чапмена. Дифузійний шар. Розподіл концентрації іонів та потенціалу в подвійному електричному шарі згідно теорії Гуї-Чапмена. Вплив концентрації електроліту та температури на будову подвійного електричного шару. Переваги та недоліки теорії Гуї-Чапмена.</i></p>			
7.	<p>Тема 7. Модельні уявлення про будову подвійного електричного шару. Теорія Штерна. Теорія Грема.</p> <p><i>Основні положення теорії Штерна. Щільна та дифузна частина подвійного електричного шару. Розподіл потенціалу в подвійному електричному шарі та розрахунок його ємності згідно теорії Штерна. Уявлення Грема про будову подвійного електричного шару. Внутрішня та зовнішня площина шару Гельмгольца. Будова подвійного електричного шару згідно теорії Грема, розрахунок розподілу потенціалу та диференційної ємності. Залежність потенціалу зовнішньої площини Гельмгольца від заряду електрода для 1,1-валентного електроліту.</i></p> <p>Особливості будови подвійного електричного шару, пов'язані з дискретним характером специфічно адсорбованих іонів. Модель вирізаного диска. Мікро- та макропотенціал. Ефект Єсіна-Маркова. Методи розрахунку компонентів заряду та стрибків потенціалу в подвійному електричному шарі.</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		<p><i>Жовтень</i></p>
8.	<p>Тема 8. Теорія подвійного електричного шару при адсорбції органічних сполук.</p> <p><i>Основні положення теорії Фрумкіна. Енергія адсорбції органічної речовини в електричному полі. Ізотерми адсорбції, залежність заповнення поверхні органічною речовиною від потенціалу електрода. Модель двох паралельних конденсаторів, залежність заряду поверхні від потенціалу електрода при різних</i></p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		<p><i>Жовтень</i></p>

	<p>ступенях заповнення поверхні. Істинна та додаткова ємність подвійного електричного шару. Особливості адсорбції органічних сполук на платиновому електроді. Роль мікроструктури поверхні твердого електрода при адсорбції органічних сполук. Деякі особливості будови подвійного електричного шару на міжфазних межах метал–розплав та напівпровідник–розчин. Подвійний електричний шар в розплавлених солях, виникнення знакоперемінної структури. Подвійний електричний шар на межі напівпровідник–розчин. Об’ємна густина заряду в напівпровіднику.</p>				
9.	<p>Тема 9. Дифузійна кінетика. Механізм електрохімічних процесів. Поняття про лімітуючу стадію. Дифузійний, міграційний та конвективний масоперенос. Розподіл концентрації іонів біля поверхні електрода за умови протікання струму. Дифузійний шар. Визначення розподілу потенціалу в дифузійному шарі. Ефективний коефіцієнт дифузії (коефіцієнт дифузії електроліту).</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>			Жовтень
10.	<p>Тема 10. Швидкість електродних реакцій. Кінетичні параметри електрохімічної реакції. Парціальний анодний та парціальний катодний струми. Динамічна рівновага. Струм обміну. Енергія активації в електрохімічних реакціях. Залежність струму електролізу від перенапруги /катодна, та анодна поляризаційні криві/. Порядок електрохімічної реакції. Поляризаційні криві при стаціонарній дифузії. Реалізація умов стаціонарної дифузії. Залежність струму від концентраційної поляризації при розряді іонів металу на однойменному металі. Явище міграції іонів та омичний спад потенціалу в дифузійному шарі. Механізм перенесення струму в розчині бінарного 1,1-валентного електроліту. Перенесення речовини шляхом міграції та дифузії в присутності фону. Рівняння Ейкена. Екзальтація міграційного струму. Теорія конвективної дифузії. Теорія Нернста, розподіл швидкості руху рідинита зміни концентрації реагуючої речовини поблизу електрода. Теорія Ейкена. Рівняння</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>			Жовтень

	<p>Левіча.</p> <p>Нестаціонарна дифузія в потенціостатичних умовах.</p> <p>Трансформація Лапласа. Функція помилок. Фронт дифузії. Імпульсні (релаксаційні) методи дослідження швидких реакцій. Дифузійний імпеданс.</p>			
11.	<p>Тема 11. Загальна характеристика поверхні твердих тіл.</p> <p>Кристалічна структура металів. Способи опису структури кристалів. Наближення щільно упакованих однакових сфер. Гексагональне та кубічне щільне упакування. Поліморфізм. Індокси Міллера. Поверхня монокристалів металу. Визначення числа трансляцій вздовж краю кристала. Типи твердих поверхонь і їх особливості. Термодинамічні характеристики поверхні. Поверхневий натяг рідкої плівки. Рівняння Гіббса.</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		<p><i>Листонад</i></p>
12.	<p>Тема 12. Поверхнева енергія металів. Теоретичні моделі.</p> <p>Залежність поверхневого натягу від теплоти сублімації. Робота виходу електрона. Потенціал дзеркального відображення. Реакційна здатність твердих поверхонь. Коефіцієнт акомодатії. Дисоціативна адсорбція. Кінетичні схеми реакції на поверхні. Механізми Ленгмюра – Хіншельвуда та Іллі – Рідділа. Методи одержання чистої поверхні. Квантово-хімічні та класичні моделі поверхні. Напівкласичні методи: псевдопотенціалу, функцій Гріна, сильних зв'язків, кристалічних орбіталей. Модель Маделунга для йонного типу твердих тіл. Потенціал Маделунга. Кислотні і основні центри на поверхні.</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		<p><i>Листонад</i></p>
13.	<p>Тема 13. Експериментальні методи дослідження поверхні.</p> <p>Зміна структури адсорбованого кисню залежно від ступеня заповнення поверхні. Хімічний аналіз поверхні твердого тіла з метою визначення складу і структури поверхні. Діаграма Пропста та схема збудження електронів з різних областей атома з використанням фотонів різної енергії. Електронна спектроскопія для хімічного аналізу /ЕСХА/, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія /РФЕС/ та ультрафіолетова фотоелектронна спектроскопія /УФЕС/.</p>			<p><i>Листонад</i></p>

	Рентгенівська флуоресценція. Оже-процес. Розподіл за енергіями електронів, відбитих від поверхні при бомбардуванні первинними електронами. Метод еліпсометрії. Метод електрохемілюмінесценції /ЕХЛ/. Функціональна схема установки для реєстрації спектра ЕХЛ–випромінювання. Метод кварцового мікробалансу.				
14.	Тема 14. Структура розчинів електролітів, гідратація йонів. Типові йонні кристали. Нерівноважні процеси в електролітах. Сольватація йонів. Вихідні положення теорії Борна. Електричний потенціал йона на поверхні. Рівняння Борна для енергії Гібса процесу сольватації. Структура води. Деструктуючий ефект йона. Схема гідратації йона згідно з Клотцом. Процеси перенесення в твердих електролітах: дифузія, електричний струм, конвекція і теплообмін. Залежність йонної провідності від температури. Супер-йонні провідники.				<i>Листонад</i>
15.	Тема 15. Електричні властивості твердих тіл. Термоелектричні явища. Ефект Томсона. ЕРС Пельтьє. Зонна структура на межі метал–напівпровідник. Ефекти Пельтьє і Томсона в термопарі. Ефект Холла. Поляризація твердих тіл. Діелектрик в електричному полі. Електронна, йонна, дипольна і об’ємно-зарядова поляризація. Діаграма Кол-Кола. Сегнетоелектрики. Петля гістерезису сегнетоелектрика. Орієнтація диполів у сегнетоелектрику, антисегнетоелектрику, сегнетоелектроліту. Закон Кюри-Вейса. Піроелектрики. П’єзоелектричні кристали.	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>			<i>Листонад</i>
16.	Тема 16. Сорбційні процеси та електронна будова металічних адсорбентів. Природа адсорбційної взаємодії адсорбат – адсорбент. Фізична та хемосорбція. Обірвані атомні орбіталі. Чотири класи металів-каталізаторів згідно поділу Джонсона. Моделі "поверхневої молекули". Модель жорстких зон. Сорбція водню на перехідних металах. Оптимізована геометрія системи Pd–H ₂ , схема наближення молекули H ₂ до атома Pd. Крива	<i>Лекція, лабораторні заняття</i>			<i>Листонад</i>

	<p>потенціальної енергії для реакції взаємодії H_2 з Pd_2 при різних кутах взаємної орієнтації. Кластерний підхід для процесу електрохемосорбції. Електросорбція органічних сполук. Розподіл електричного потенціалу для різних адсорбатів. Парціальний коефіцієнт перенесення заряду. Густина адсорбційного шару.</p>			
17.	<p>Тема 17. Кількісний аналіз процесів адсорбції. Ізотерми електросорбції. Конкуруюча адсорбція йонів фонового електроліту, полярних молекул розчинника та органічної речовини. Точка нульового заряду /ТНЗ/. Ізотерма Аменда. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Ізотерма адсорбції Фрейндіха. Ізотерма адсорбції Фрумкіна. Ізотерма Тьомкіна. Рівняння Квана. Рівняння Зельдовича-Рогінського. Адсорбція азоту на полікристалічному вольфрамі. Схема хемосорбції, що включає передсорбційний стан. Квантово-механічні моделі сорбції. Модель Гарні. Зміна валентного рівня адсорбованого атома при наближенні до поверхні металу. Адсорбція та структура адсорбційних шарів. Здатність до адсорбції різних класів органічних сполук. π-зв'язування при переході в адсорбований стан ароматичних сполук. Орієнтаційні ефекти у міжфазній області. Правила для передбачення структури частинок адсорбату та встановлення її відповідності структурі адсорбенту Самерджея і Шалковського. Явище епітаксії.</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		Грудень
18.	<p>Тема 18. Хімічні джерела струму. Закономірності перенесення заряду через інтерфазу напівпровідник-розчин електроліту. Первинні хімічні джерела струму. Вторинні хімічні джерела струму. Паливні елементи. Компоненти фотовольтаїчних та фотоелектричних чарунок. Рівні енергії електрона для напівпровідника (НП) n-типу і металу відносно рівня вакууму, коли робота виходу в металі більша і менша, ніж у напівпровіднику. Межа поділу НП – розчин електроліту. Концепція просторового розподілу заряду. Рівняння Пуасона та розподіл потенціалу в області просторового заряду. Поверхневий бар'єр і дія</p>	<p><i>Лекція, лабораторні заняття</i></p>		Грудень

<p>світла. Зв'язані пари електрон–дірка – екситони. Вираз для інтегрального струму, індукованого на НП. Енергія терму і енергія реорганізації. Рівні Фермі в електроді та редокс-системі в розчині. Розподіл енергетичних станів НП і редокс-системи та шляхи обміну зарядом – через зону провідності або через валентну зону.</p> <p>Кінетика перенесення заряду в фотоелектрохімічних чарунках (ФЕЧ). Пряме перенесення заряду між зонами – валентною або провідності НП та енергетичними рівнями в електроліті. Перенесення електрона або дірки з локалізованих у забороненій зоні станів НП. Модель процесу перенесення електрона через інтерфазу при анодній поляризації /фотоанод/. Матеріали електродів для ФЕЧ. Конструктивні особливості фотоелектрохімічних перетворювачів. Перспективи практичного використання фотоелектрохімічних перетворювачів.</p>				
---	--	--	--	--