

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії, екології та фармації
Кафедра хімії та технологій

СИЛАБУС

вибіркової навчальної дисципліни

ХІМІЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Підготовки _____ магістра

Спеціальності 102 Хімія,

Освітньо-професійної програми Хімія

Силабус навчальної дисципліни «Хімія напівпровідників» підготовки магістра, галузі знань – 10 «Природничі науки», спеціальності – 102 «Хімія», за освітньою програмою «Хімія».

Розробники: Олексеюк І. Д., доктор хімічних наук, професор кафедри хімії та технологій; Іващенко І. А., кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та технологій

Силабус навчальної дисципліни затверджений на засіданні кафедри хімії та технологій

протокол № 5 від 5. 12. 2020 р.

Завідувач кафедри,

доктор хімічних наук, професор



(підпис)

Олексеюк І.Д.

© Олексеюк І.Д., Іващенко І.А. 2020 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1

| Найменування показників | Галузі знань, спеціальності, освітня програма, освітній ступінь | Характеристика навчальної дисципліни |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Денна форма навчання | 10 Природничі науки, 102 «Хімія»; магістр | Нормативна |
| Кількість годин/кредитів 150/5 | | Рік навчання 1 |
| | | Семестри 1-ий |
| ІНДЗ: немає | | Лекції 24 год. |
| | | Лабораторні 30 год. |
| | | Практичні -- год. |
| | | Самостійна робота 86 год. |
| | Консультації 10 год. | |
| | Форма контролю: залік | |

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ

ППП Олексеюк Іван Дмитрович, Іващенко Інна Алімівна
Науковий ступінь доктор хімічних наук, кандидат хімічних наук
Вчене звання професор, доцент
Посада професор, доцент кафедри хімії та технологій
Контакта інформація Ivashchenko.Inna@eenu.ua;
Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi>

3. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Хімія напівпровідників – одна з відносно молодих наукових дисциплін. Однією з найважливіших її задач є створення нових напівпровідникових матеріалів. Вона вивчає взаємозв'язок хімічних процесів та явищ, що їх супроводжують, встановлює закономірності між хімічним складом, будовою напівпровідників та їх властивостями.

Під час засвоєння даної дисципліни у студентів розвивається діалектичне мислення, здатність аналізувати явища та процеси, формується світогляд, розширюються й поглиблюються наукові уявлення про матерію, хімічний зв'язок.

При викладанні дисципліни постійно підкреслюється конкретний зв'язок питань, що розглядаються за програмою курсу, з питаннями, які можуть виникнути у практичній діяльності хіміка.

Дана програма складена відповідно сучасному рівню розвитку хімічної науки і вимог до підготовки магістра, галузей знань – 10

«Природничі науки», спеціальностей – 102 «Хімія» за освітніми програмами «Хімія».

Хімія напівпровідників є частиною хімії твердого тіла. В ній сконцентровані досягнення сучасних неорганічної, аналітичної, фізичної хімії та кристалохімії. Фізика напівпровідників, фізика твердого тіла, кристалофізика, металофізика – ось перелік наук, з якими безпосередньо пов'язана хімія напівпровідників.

Метою викладання навчальної дисципліни є:

1) загально-виховна і розвиваюча функції, що полягають у формуванні наукового світогляду і моральних якостей студента, у розвитку сучасних форм теоретичного мислення, у здатності аналізувати явища;

2) практична функція, що пов'язана із засвоєнням провідних ідей, понять і законів хімії напівпровідників, з формуванням умінь і навичок для застосування хімічних законів і процесів, використання напівпровідникових речовин і матеріалів у сучасній техніці.

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- поглибити у студентів хімічне мислення і діалектичний світогляд;
- розширити знання основних теорій і законів хімії;
- поглибити вміння студентів виявляти закономірності у подібності та відмінностях властивостей напівпровідникових речовин;
- розширити навчити студентів працювати у лабораторії синтезу, засвоїти правила техніки безпеки;
- поглибити у студентів навички хімічного експерименту;
- розширити вміння студентів співставляти теоретично набуті знання з експериментально одержаними.

4. КОМПЕТЕНЦІЇ

До кінця навчання студенти будуть компетентними у таких питаннях:

1. природа напівпровідників;
2. елементарні напівпровідники;
3. аморфні напівпровідники;
4. природа напівпровідників, основні фізичні властивості;
5. природа, характер утворення, властивості елементарних, бінарних напівпровідників типу $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^V$, $A^{III}_2B^{VI}_3$;
6. складні халькогенідні напівпровідники (тернарні, тетрарні);
7. органічні напівпровідники;
8. халькогенідне скло, проблеми його отримання;
9. поверхневі та об'ємні властивості напівпровідників;
10. матеріали для сонячної енергетики.

5. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 2

| Назва змістових модулів і тем | Усього | Лекції | Лаб. заняття | Практ. заняття | Само ст. роб. | Конс. | Форма контролю/ Бали |
|--|-----------|----------|--------------|----------------|---------------|----------|-------------------------|
| Змістовий модуль 1. Природа напівпровідників | | | | | | | |
| Тема 1. . Природа напівпровідників | 12 | 2 | 2 | | 6 | 2 | <i>УО*/3</i> |
| Тема 2. Фізичні властивості напівпровідників. | 10 | 2 | 2 | | 6 | | <i>УО/2</i> |
| Тема 3. Природа хімічних зв'язків в твердих тілах | 8 | 1 | 2 | | 5 | | <i>УО/3</i> |
| Разом за змістовим модулем 1 | 30 | 5 | 6 | | 17 | 2 | 8 |
| Змістовий модуль 2. Елементарні та бінарні напівпровідники | | | | | | | |
| Тема 4. Елементарні напівпровідники | 10 | 1 | 2 | | 5 | 2 | <i>УО/2</i> |
| Тема 5. Бінарні напівпровідники типу $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^I B^{VII}$ | 8 | 1 | 2 | | 5 | | <i>УО/2</i> |
| Тема 6. Бінарні напівпровідники типу $A_2^{III}B_3^{VI}$, $A_2^V B_3^{VI}$ | 6 | 1 | 1 | | 4 | | <i>УО/2</i> |
| Тема 7. Напівпровідникові оксиди. | 6 | 2 | 1 | | 3 | | <i>УО/2</i> |
| Разом за змістовим модулем 2 | 30 | 5 | 6 | | 17 | 2 | 8 |
| Змістовий модуль 3. Складні напівпровідникові фази | | | | | | | |
| Тема 8. Потрійні напівпровідники | 12 | 2 | 2 | | 6 | 2 | <i>УО/3</i> |
| Тема 9. Тетрарні напівпровідники | 10 | 2 | 2 | | 6 | | <i>УО/3</i> |
| Тема 10. Утворення твердих розчинів між напівпровідниками | 8 | 1 | 2 | | 5 | | <i>УО/2</i> |
| Разом за змістовим модулем 3 | 30 | 4 | 6 | | 18 | 2 | 8 |
| Змістовий модуль 4. Аморфні напівпровідники | | | | | | | |
| Тема 11. Склоподібні напівпровідники | 12 | 2 | 2 | | 6 | 2 | <i>УО/3</i> |
| Тема 12. Тонкі плівки. | 10 | 2 | 2 | | 6 | | <i>УО/3</i> |
| Тема 13. Органічні напівпровідники. | 8 | 1 | 2 | | 5 | | <i>УО/2</i> |
| Разом за змістовим модулем 4 | 30 | 5 | 6 | | 17 | 2 | 8 |

| Змістовий модуль 5. Квазіпотрійні халькогенідні системи | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|--|-----------|-----------|-------------|
| Тема 14. Квазіпотрійні халькогенідні системи $A^I_2X_3-B^{II}X-C^{III}_2X$ | 9 | 1 | 2 | | 4 | 2 | УО/2 |
| Тема 15. Квазіпотрійні халькогенідні системи $A^I_2X-B^{II}X-D^{IV}X_2$. | 8 | 1 | 2 | | 5 | | УО/2 |
| Тема 16. Методи вирошування монокристалів сполук типу $A^I_2B^{II}C^{IV}X_4$. | 6 | 1 | 1 | | 4 | | УО/2 |
| Тема 17. Фізичні властивості монокристалів сполук типу $A^I_2B^{II}C^{IV}X_4$ | 7 | 2 | 1 | | 4 | | УО/2 |
| Разом за змістовим модулем 5 | 30 | 5 | 6 | | 17 | 2 | 8 |
| Разом за семестр | 150 | 24 | 30 | | 86 | 10 | 40 |
| Модульна контрольна робота 1 | | | | | | | 30 |
| Модульна контрольна робота 2 | | | | | | | 30 |

УО усне опитування

6. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

| № з/п | Тема | К-ть год. |
|-------------------------|--|-----------|
| 1 | Природа напівпровідників та їх фізичні властивості. | 6 |
| 2 | Отримання сульфідів цинку, кадмію та меркурію "мокрим" методом. | 6 |
| 3 | Тернарні напівпровідникові фази. Синтез складної речовини | 2 |
| 4 | Термографічні дослідження зразків з твердого розчину $AgGaSe_2-AgInSe_2$. | 4 |
| 5 | Тетрарні напівпровідники. Синтез складної речовини. | 6 |
| 6 | Склоподібні напівпровідники. Синтез складних стекел. | 3 |
| 7 | Термографічні дослідження склоподібних зразків. | 3 |
| Разом за семестр | | 30 |

7. Теми практичних занять ----

8. Самостійна робота

| Питання на самостійне опрацювання | К-ть год. |
|---|-----------|
| Тема 1. Будова реальних кристалів..... | 2 |
| Тема 2. Основні поняття про реакції між твердими тілами.. | 2 |
| Тема 3. Поверхневі властивості напівпровідників..... | 2 |
| Тема 4. Обробка поверхні напівпровідників..... | 2 |

| | |
|--|-----------|
| Тема 5. Електрохімія напівпровідників..... | 2 |
| Разом | 10 |

9. Політика оцінювання

Пропущені лабораторні заняття (з будь яких причин) відпрацьовуються у позаурочний час.

У разі поганого написання модульної контрольної роботи студент може прездати її в усній формі викладачу, що проводить лабораторні заняття, або лектору.

Кінцевим терміном здачі усіх видів робіт, а також відпрацювання та захисту лабораторних робіт, так званим deadline, є тиждень, на якому відбувається останнє заняття з дисципліни.

10. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Таблиця 3

| Поточний контроль (макс=40 балів) | | | | | Модульний контроль (макс=60 балів) | | Загальна кількість балів |
|--------------------------------------|------|------|------|------|---------------------------------------|-------|--------------------------|
| Модуль 1 | | | | | Модуль 2 | | |
| ЗМ 1 | ЗМ 2 | ЗМ 3 | ЗМ 4 | ЗМ 5 | МКР 1 | МКР 2 | |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 30 | 30 | 100 |

Шкала оцінювання

Таблиця 4

| Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності | Оцінка |
|--|--------------|
| | для екзамену |
| 90 – 100 | Відмінно |
| 82 – 89 | Дуже добре |
| 75 - 81 | Добре |
| 67 -74 | Задовільно |
| 60 - 66 | Достатньо |
| 1 – 59 | Незадовільно |

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література:

1. Олексеюк І.Д., Парасюк О.В., Іващенко І.А. Хімія твердого тіла, – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 316 с.
<https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/8767/4/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%282016%29.pdf>
2. Переш Є. Ю. Хімія твердого тіла [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад. – Ужгород: Закарпаття, 2000. Ч. 1 – 210 с.
3. Переш Є. Ю. Хімія твердого тіла [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад. – Ужгород: Закарпаття, 2002. Ч. 2 – 243 с.
4. Креггер Ф. Химия несовершенных кристаллов / Креггер Ф. – М.: Мир, 1969. – 654 с.
5. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников / Ормонт Б.Ф. – М.: Высшая школа, 1973. – 655 с.
6. Угай Я.А. Введение в химию полупроводников / Угай Я.А. – [2-е изд.]. – М.: Высш. шк., 1975. – 302 с.
7. Полупроводники / под ред. Н. Б. Хеннея. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 667 с.
8. Горюнова Н. А. Сложные алмазоподобные полупроводники / Горюнова Н. А. – М.: Советское радио, 1968. – 267 с.
9. Шмарцев Ю.В. Тугоплавкие алмазоподобные полупроводники / Шмарцев Ю.В., Валов Ю.А., Боршевский А.С. – М.: Металлургия, 1964. – 121 с.

Додаткова література:

1. Сюше Ж.П. Физическая химия полупроводников / Сюше Ж.П. – М.: Металлургия, 1969. – 224 с.
2. Олексеюк І.Д. Бінарні і тернарні напівпровідникові фази в системах Me-V^V-C^{VI}(D^{VII}) / Олексеюк І.Д. – Луцьк: Вежа, 1995. – 348 с.
3. Медведева З.С. Халькогениды элементов IIIб подгруппы Периодической системы / Медведева З.С. – М.: Наука, 1968. – 216 с.
4. Шеффер Г. Химические транспортные реакции / Шеффер Г. – М.: Мир 1964. – 189 с.
5. Олексеюк І.Д. Квазіпотрійні халькогенідні системи / [Олексеюк І.Д., Парасюк О.В., Піскач Л.В. та ін.]. – Луцьк: Вежа, 1999. – 167 с.
6. Олексеюк І.Д. Одержання і дослідження неорганічних напівпровідників / Олексеюк І.Д., Парасюк О.В. – Луцьк: Вежа, 2002. – 280 с.
7. Олексеюк І.Д. Халькогенідні системи / [Олексеюк І.Д., Парасюк О.В., Піскач Л.В. та ін.]. – Луцьк: Волинський національний університет ім. Л.Українки, 2011. – 217 с.
8. Органические полупроводники / под ред. Топчиева А.В. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 318 с.
9. Дембовский С.А. Стеклообразование / Дембовский С.А., Чечёткина Е.А. – М.: Наука, 1990. – 278 с.
10. Волькенштейн Ф.Ф. Электронная теория катализа на полупроводниках / Волькенштейн Ф.Ф. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 187 с.
11. Мямлин В.А. Электрохимия полупроводников / Мямлин В.А., Плесков Ю.В. – М.: Наука, 1965. – 338 с.

12. Ефимов Е.А. Электрохимия германия и кремния / Ефимов Е.А., Ерусамличик И.Г. – М.: Госхимиздат, 1963. – 180 с.
13. Смит Р. Полупроводники / Смит Р. – М.: Мир, 1982. – 558 с.
14. Карханіна Н.Я. Технологія напівпровідникових матеріалів / Карханіна Н.Я. – К.: Держтехвидав, 1961. – 327 с.
15. Берг Л.Г. Введение в термографию / Л.Г. Берг. – [2-е доп. изд.]. – М.: Наука, 1969. – 396 с.
16. Сивертсен Д.М. Структура и свойства твердых растворов / Сивертсен Д.М., Никольсон М.Е. – Москва: Металлургия, 1964, – 92 с.
17. Соминский М.С. Полупроводники / Соминский М.С. – Л.: Наука, 1967. – 440 с.
18. Аносов В.Я. Основы физико-химического анализа / Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.А. – М.: Наука, 1976. – 503 с.
19. Даркен Л.С. Физическая химия металлов / Даркен Л.С., Гурри Р.В.; пер. с англ. под ред. Сироты Н.Н. – М.: Металлургиздат, 1960. – 582 с.
20. Юм-Розери В. Структура металлов и сплавов / Юм-Розери В., Рейнер Г.В. – М.: Металлургиздат, 1959. – 391 с.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Хімія напівпровідників як наука. Визначення та завдання хімії напівпровідників. Зв'язок хімії напівпровідників з іншими областями хімії та іншими науками.
2. Метали, напівпровідники, діелектрики. Їх положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва.
3. Механізм виникнення електропровідності з точки зору теорії вільних електронів та квантової теорії.
4. Зонна теорія твердого тіла та напівпровідників. Енергетична діаграма спектрів електронів для металів, напівпровідників, діелектриків.
5. Природа хімічного зв'язку в елементарних напівпровідниках та напівпровідникових сполуках.

6. Власна та домішкова провідність. Власна провідність напівпровідника як результат порушення ковалентних зв'язків.
7. Донорні та акцепторні домішки. Розміщення домішкових рівнів, рівень хімічного потенціалу.
8. Статистика електронів у напівпровідниках.
9. Температурна залежність електропровідності. Нерівноважні носії струму в напівпровідниках.
10. Процеси рекомбінації, центри рекомбінації.
11. Оптичні властивості напівпровідників. Прямі та непрямі переходи.
12. Фотопровідність напівпровідників. Фоторезистори.
13. Терморезистори.
14. Явище фото-е.р.с., термо-е.р.с.
15. Застосування явища фото-е.р.с. та термо-е.р.с. в техніці.
16. Матеріали для виготовлення фотоелементів та термоелементів.
17. Германій. Знаходження в природі. Методи добування і очистки.
18. Кристалохімія германію. Фізичні властивості германію.
19. Відношення германію до хімічних реагентів. Сполуки германію з неметалами. Відношення германію до металів.
20. Зонна структура германію. Ширина забороненої зони. Концентрація і рухливість носіїв струму. Донорні та акцепторні домішки. Вплив термообробки на властивості германію.
21. Кремній. Поширення в природі. Способи отримання кремнію високої чистоти.
22. Будова атому Силіцію і валентні стани. Фізичні та хімічні властивості. Гідриди та галогеніди силіцію. Кисневі сполуки. Відношення Силіцію до металів.
23. Схема зонної структури кремнію. Електричні властивості. Енергія іонізації домішок.
24. Порівняння електрофізичних властивостей германію та кремнію.

25. Сіре олово. Одержання сірого олова. Його фізичні та хімічні властивості.
26. Алмаз та графіт. Структура алмазу та графіту, їх фізичні та хімічні властивості та застосування.
27. Порівняльна характеристика елементарних напівпровідників IV групи таблиці Менделєєва.
28. Фосфор. Арсен. Стибій. Їх напівпровідникові властивості. Значення даних елементів. Фізичні та хімічні властивості.
29. Сірка. Селен. Телур. Знаходження в природі. Способи отримання та очистки. Кристалохімія. Фізичні та хімічні властивості. Застосування.
30. Бор як перспективний тугоплавкий напівпровідник. Одержання, властивості, застосування.
31. Йод, одержання та очистка йоду. Властивості та застосування.
32. Загальні відомості про подвійні напівпровідникові сполуки.
33. Сполуки $A^{III}B^V$. Їх значення у вченні про напівпровідники. Способи отримання, очистки та легування.
34. Арсенід галію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
35. Арсенід алюмінію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
36. Арсенід індію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
37. Антимонід галію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
38. Антимонід алюмінію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
39. Антимонід індію. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
40. Фосфід галію. Проблеми синтезу. Властивості.
41. Фосфід алюмінію. Проблеми синтезу. Властивості.

42. Фосфід індію. Проблеми синтезу. Властивості.
43. Порівняльна характеристика властивостей сполук $A^{III}B^V$.
44. Купрум (I) оксид. Одержання, структура та властивості, застосування.
45. Цинк оксид, способи синтезу. Фізико-хімічні та електрофізичні властивості цинк оксиду, застосування.
46. Титан (IV) оксид. Поліморфізм, отримання, залежність електричних властивостей від стехіометрії, застосування.
47. Сполуки $A^{II}B^{VI}$. Їх значення у вченні про напівпровідники. Способи отримання, очистки та легування.
48. Цинк сульфід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
49. Цинк селенід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
50. Цинк телурид. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
51. Кадмій сульфід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
52. Кадмій селенід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
53. Кадмій телурид. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
54. Меркурій сульфід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
55. Меркурій селенід. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
56. Меркурій телурид. Фізичні, хімічні та електрофізичні властивості. Практичне застосування.
57. Порівняльна характеристика властивостей сполук $A^{II}B^{VI}$.
58. Бінарні напівпровідникові сполуки з дефектною структурою типу $A_2^{III}B_3^{VI}$.

59. Тугоплавкі напівпровідники. Їх загальна характеристика. Нітриди, карбіди, фосфіди як тугоплавкі напівпровідники.
60. Йодиди та інші бінарні сполуки з напівпровідниковими властивостями.
61. Теоретичні передумови для наукового пошуку нових складних напівпровідникових фаз.
62. Складні алмазоподібні напівпровідники типу $A^I B^{III} C_2^{VI}$. Їх отримання та властивості. Области застосування.
63. Складні алмазоподібні напівпровідники типу $A_2^I B^{IV} C_3^{VI}$. Їх отримання та властивості. Области застосування.
64. Ферити, сегнетоелектрики, люмінофори. Методи їх отримання та властивості. Области застосування.
65. Органічні напівпровідники. Класи органічних речовин з напівпровідниковими властивостями. Їх будова.
66. Іонні кристали. Механізм електропровідності в іонних кристалах.
67. Загальні уявлення про поверхню твердого тіла. Вплив адсорбованих атомів та молекул на поверхневі властивості напівпровідників.
68. Електричні властивості поверхні напівпровідників та їх дослідження.
69. Зв'язок між поверхневими та об'ємними властивостями напівпровідників.
70. Утворення твердих розчинів між елементарними та складними напівпровідниками. Зміна фізичних характеристик в межах твердих розчинів. Гомовалентне та гетеровалентне заміщення.
71. Матеріали для сонячної енергетики. Перспективи пошуку.
72. Поняття про тонкі плівки. Епітаксія, методи отримання плівок. Области застосування.