



Кам'янець-Подільський національний університет імені  
Івана Огієнка Фізико математичний факультет  
Кафедра фізики

**Силабус  
навчальної дисципліни  
«Твердотільна електроніка»**

**Загальна інформація про курс**

<b>Назва курсу</b>	Твердотільна електроніка
<b>Мова викладання</b>	українська
<b>Викладачі</b>	Поведа Руслан Анатолієвич
<b>Профайл викладача</b>	<a href="http://fizkaf.kpnu.edu.ua/sklad-kafedry/">http://fizkaf.kpnu.edu.ua/sklad-kafedry/</a>
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:povedar@kpnu.edu.ua">povedar@kpnu.edu.ua</a>
<b>Сторінка курсу в MOODL</b>	<a href="https://moodle.kpnu.edu.ua/course/view.php?id=1222">https://moodle.kpnu.edu.ua/course/view.php?id=1222</a>
<b>Консультації</b>	Консультації проводяться згідно графіку

**Анотація до курсу**

Курс «Твердотільна електроніка» призначений для навчання базовим знанням фізичних процесів в твердотільних напівпровідникових приладах та основам їх застосування в схемотехнці, сучасним технологіям моделювання електронних схем, практичним навичкам для розробки апаратних засобів. Формування фундаментальних та теоретичних знань, які дозволяють на основі уявлення про базові елементи сучасної електроніки розуміти фізичні процеси, що в них відбуваються, принципи розробки електронних схем.

## **Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета:** Мета викладання дисципліни - формування у студентів знання про сучасний стан розвитку електроніки, основні характеристики та елементну базу окремих напрямків, теоретичні передбачення та перспективи подальшого практичного розвитку електроніки. Питання, які розглядаються в даному курсі, викладаються з таким ступенем деталізації, що можуть знадобитися в практичних умовах при синтезі та дослідженні роботи нескладних електричних ланцюгів, пристроїв та приладів електронної техніки із застосуванням сучасного базису електронних компонент. Задачі викладання дисципліни пов'язані з необхідністю отримання бакалаврами знань, вмінь та навичок щодо фізичних основ роботи електронних приладів; класифікації, фізичних основ та режимів роботи, параметрів, характеристик, схем підключення приладів сучасної функціональної електроніки; сфери їх застосування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **Знати:**

історію та сучасний стан розвитку твердотільної електроніки;  
класифікацію та основні характеристики сучасних напрямків електроніки;  
теоретичні основи отримання електронних елементів;  
умовні позначення структурних та функціональних елементів електричних ланцюгів та схем в різних галузях електроніки;  
особливості застосування та функціонування основних елементів сучасної твердотільної електроніки;  
новітні перспективні напрямки розвитку твердотільної електроніки.

### **Вміти:**

розрізнявати електронні пристрої за їх класифікацією;  
застосовувати закони і розрахункові методи для аналізу електронних приладів;  
робити розрахунок та аналіз простих електричних схем з використанням сучасних функціональних елементів електроніки.

### **Формат курсу**

Стандартний очний навчальний курс.

### Обсяг і ознаки курсу

Найменування показників	Характеристика навчального курсу
	денна форма навчання
Освітня програма, спеціальність	014 середня освіта
Рік навчання/ рік викладання	4-й / 2021-2022
Семестр вивчення	8-й
нормативна/вибіркова	вибіркова
Кількість кредитів ЄКТС	4
Загальний обсяг годин	120
Кількість годин навчальних занять	40
Лекційні заняття	20
Практичні заняття	20
Семінарські заняття	-
лабораторні заняття	-
Самостійна та індивідуальна робота	80
Форма підсумкового контролю	залік

### Результати навчання

Після завершення вивчення курсу у здобувачів вищої освіти мають бути сформовані такі загальні та спеціальні компетентності, заплановані відповідними ОПІ фахівця:

<b>Інтегральна компетентність</b>		Здатність проводити навчальну, позакласну роботу з фізики, а також виховну роботу у загальноосвітніх школах.
<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	<b>ЗК 04</b>	Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.
	<b>ЗК 05</b>	Здатність використовувати ІКТ
	<b>ЗК 06</b>	Здатність до самовдосконалення та саморозвитку.
<b>Фахові компетентності (ФК)</b>	<b>ФК 01</b>	Здатність формувати в учнів предметні компетентності.
	<b>ФК 02</b>	Здатність застосовувати сучасні методи й освітні технології навчання.
	<b>ФК 03</b>	Здатність здійснювати об'єктивний контроль і оцінювання рівня навчальних досягнень учнів з фізики
	<b>ФК 04</b>	Здатність аналізувати особливості сприйняття та засвоєння учнями навчальної інформації з метою прогнозу ефективності та корекції навчально-виховного процесу.
	<b>ФК 06</b>	Здатність використовувати системні знання з фізики, педагогіки, методики навчання фізики, історії їх виникнення та розвитку.
	<b>ФК 07</b>	Здатність ефективно застосувати ґрунтовні знання змісту шкільного курсу фізики.
	<b>ФК 08</b>	Здатність аналізувати предметні задачі, розглядати різні способи їх розв'язування.
	<b>ФК 10</b>	Здатність формувати і підтримувати належний рівень мотивації учнів до занять фізики.
	<b>ФК 11</b>	Здатність здійснювати аналіз та корекцію знань та умінь учнів з фізики в умовах диференційованого навчання.
	<b>ФК 12</b>	Здатність ефективно планувати та організовувати різні форми позакласної роботи.
	<b>ФК 13</b>	Здатність проектувати цілісний процес навчання, виховання та розвитку учнів.
<b>ФК 14</b>	Здатність аналізувати, досліджувати та презентувати педагогічний досвід навчання учнів у школі.	

## Програма навчальної дисципліни

### **Тема 1. Фізичні основи роботи напівпровідникових приладів.**

*(4 год.)*

Напівпровідники. Загальні відомості.

Фізичні основи роботи електронно-діркового переходу  $p-n$  переходу.

Класифікація напівпровідникових приладів.

Напівпровідникові діоди.

Біполярні транзистори.

Побудова та принцип дії транзистора.

Основні схеми вмикання і статичні характеристики біполярного транзистора.

Основні режими роботи біполярного транзистора.

### **Тема 2. Уніполярні (польові) транзистори. Загальні відомості.**

*(4 год.)*

Польові транзистори з керуючим  $p-n$  переходом.

Польові транзистори з ізольованим затвором.

Біполярні транзистори з ізольованим затвором.

Перемикаючі напівпровідникові прилади: тиристори, диністори, триністор.

Інтегральні мікросхеми. Загальні відомості.

Гібридні ІМС.

Напівпровідникові ІМС.

Призначення і параметри ІМС.

### **Тема 3. Основні режими (класи) роботи підсилювачів. (4 год.)**

Кола зміщення підсилюючих каскадів.

Температурна стабілізація підсилювачів.

Каскади попереднього підсилення.

Каскад попереднього підсилення на біполярному транзисторі з СЕ.

Підсилюючий каскад з СК.

Підсилюючий каскад з СБ.

### **Тема 4. Каскади попереднього підсилення на польових транзисторах.**

*(4 год.)*

Підсилюючий каскад з СВ.

Підсилюючий каскад з СС.

Зворотні зв'язки у підсилювачах.

Багатокаскадні підсилювачі.

### **Тема 5. Операційні підсилювачі. Загальні відомості. (4 год.)**

Інвертуючий підсилювач.

Неінвертуючий підсилювач.

Перетворювач струму у напругу.

Інвертуючий суматор.

Неінвертуючий суматор.

Інтегруючий підсилювач.

Диференціюючий підсилювач.

Компаратори.

Підсилювач змінного струму на ОП з однополярним живленням.

### Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)			
	усьог о	у тому числі		
		лек.	лаб. роб.	с.р.
1	2	3	4	5
<p><b>Тема 1. Фізичні основи роботи напівпровідникових приладів.</b>  Напівпровідники. Загальні відомості.  Фізичні основи роботи електронно-діркового переходу <i>p-n</i> переходу.  Класифікація напівпровідникових приладів.  Напівпровідникові діоди.  Біполярні транзистори.  Побудова та принцип дії транзистора.  Основні схеми вмикання і статичні характеристики біполярного транзистора.  Основні режими роботи біполярного транзистора.</p>	24	4	4	16
<p><b>Тема 2. Уніполярні (польові) транзистори. Загальні відомості.</b>  Польові транзистори з керуючим <i>p-n</i> переходом.  Польові транзистори з ізольованим затвором.  Біполярні транзистори з ізольованим затвором.  Перемикаючі напівпровідникові прилади: тиристори, диністори, триністор.  Інтегральні мікросхеми. Загальні відомості.  Гібридні ІМС.  Напівпровідникові ІМС.  Призначення і параметри ІМС.</p>	24	4	4	16

<b>Тема 3. Основні режими (класи) роботи підсилювачів.</b> Кола зміщення підсилюючих каскадів. Температурна стабілізація підсилювачів. Каскади попереднього підсилення. Каскад попереднього підсилення на біполярному транзисторі з СЕ. Підсилюючий каскад з СК. Підсилюючий каскад з СБ.	24	4	4	16
<b>Тема 4. Каскади попереднього підсилення на польових транзисторах.</b> Підсилюючий каскад з СВ. Підсилюючий каскад з СС. Зворотні зв'язки у підсилювачах. Багатокаскадні підсилювачі.	24	4	4	16
<b>Тема 5. Операційні підсилювачі. Загальні відомості.</b> Інвертуючий підсилювач. Неінвертуючий підсилювач. Перетворювач струму у напругу. Інвертуючий суматор. Неінвертуючий суматор. Інтегруючий підсилювач. Диференціюючий підсилювач. Компаратори. Підсилювач змінного струму на ОП з однополярним живленням.	24	4	4	16
Всього	<b>120</b>	20	20	<b>80</b>

### Зміст теоретичної підготовки

№ з/п	Назва змістового модуля. Темі і підтеми	К-сть годин	Література	Наочні посібники.
1.	<p><b>Тема 1. Фізичні основи роботи напівпровідникових приладів.</b>  Напівпровідники. Загальні відомості.  Фізичні основи роботи електронно-діркового переходу <i>p-n</i> переходу.  Класифікація напівпровідникових приладів.  Напівпровідникові діоди.  Біполярні транзистори.  Побудова та принцип дії транзистора.  Основні схеми вмикання і статичні характеристики біполярного транзистора.  Основні режими роботи біполярного транзистора.</p>	2	[1]-[5]	презентація
2.	<p><b>Тема 2. Уніполярні (польові) транзистори. Загальні відомості.</b>  Польові транзистори з керуючим <i>p-n</i> переходом.  Польові транзистори з ізольованим затвором.  Біполярні транзистори з ізольованим затвором.  Перемикаючі напівпровідникові прилади: тиристори, диністори, триністор.  Інтегральні мікросхеми. Загальні відомості.  Гібридні ІМС.  Напівпровідникові ІМС.  Призначення і параметри ІМС.</p>	4	[1]-[5]	презентація
3.	<p><b>Тема 3. Основні режими (класи) роботи підсилювачів.</b>  Кола зміщення підсилюючих каскадів.  Температурна стабілізація підсилювачів.  Каскади попереднього підсилення.</p>	4	[1]-[5]	презентація



	Каскад попереднього підсилення на біполярному транзисторі з СЕ. Підсилюючий каскад з СК. Підсилюючий каскад з СБ.			
4.	<b>Тема 4. Каскади попереднього підсилення на польових транзисторах.</b> Підсилюючий каскад з СВ. Підсилюючий каскад з СС. Зворотні зв'язки у підсилювачах. Багатокаскадні підсилювачі.	4	[1]-[5]	презентація
5.	<b>Тема 5. Операційні підсилювачі. Загальні відомості.</b> Інвертуючий підсилювач. Неінвертуючий підсилювач. Перетворювач струму у напругу. Інвертуючий суматор. Неінвертуючий суматор. Інтегруючий підсилювач. Диференціюючий підсилювач. Компаратори. Підсилювач змінного струму на ОП з однополярним живленням.	4	[1]-[5]	презентація
	<b>Разом</b>	<b>20</b>		

### Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювання електричних величин та параметрів елементів електричних кіл.	4
2	Оптоелектронні прилади і пристрої	4
3	Напівпровідникові діод, стабілітрон та тиристор	4
4	Біполярні і польові транзистори	4
5	Електронні пристрої на операційних підсилювачах	4
	<b>Всього</b>	<b>20</b>

### Самостійна робота.

Роль поверхні в створення пристроїв мікро- та нано- електроніка.

Мікро- і нано- розмірних атомні кластери в напівпровідниках та їх властивості.

Технологічні можливості перспективних видів епітаксії.

Створення інтегральних пристроїв методами літографії.

Ефект розмірного квантування, квантове обмеження, інтерференційні ефекти.

Низькорозмірні кремнієвої середовища.

Технології тонких плівок і багат шарових структур.

Багат шарові нано- структури.

Фізична природа високотемпературної надпровідності надпровідності.

Температурна і радіаційна стійкість виробів електронної техніки.

## Модульна контрольна робота

При створенні варіантів завдань була використана авторська комп'ютерна програма генерації тестових завдань на паперових носіях, що дозволяє проводити перевірку знань студентів незалежно від доступу до персональних комп'ютерів; особливістю програми є те, що база завдань та відповідей формується із графічних об'єктів, що знімає з одного боку будь-які обмеження на використання специфічних символів, формул, графіків та мов, а з іншого – різко зменшує витрати часу на необхідну технологічну обробку завдань при формуванні бази тестів та дозволяє оперативно обробити результатів виконаних комбінованих тестів (студенти відмічають вірні на їх думку відповіді у спеціальній таблиці, яка при перевірці корелюється з таблицею вірних відповідей, що дозволяє оперативно оцінити роботу). Програма дозволяє сформувати тест відкритого типу, що складається з п'яти завдань та п'яти відповідей на кожне з них, одна з яких є вірною.

Завдання тесту можуть формуватись як з однієї бази (у цьому випадку, звісно автоматично, проводиться перевірка на недопущення співпадіння завдань в одному білеті), так і з різних. Таким чином з'являється можливість генерації диференційованих за рівнем складності, способом розв'язання завдань, або завдань, що включають завдання з різних розділів даної дисципліни.

Після більш ніж десятилітнього використання даних тестів можна зробити висновок про проблему оцінювання таких рівнів засвоєння дисципліни як застосування знань в незвичній ситуації за зразком, розв'язування типових комбінованих задач та творче перенесення досвіду. Вирішення згаданої проблеми – це комбінування тесту з такими традиційними формами контролю як письмова робота. На практиці це виглядає так – при проходженні тесту викладач пропонує студентам на звороті аркушу в обов'язковому порядку навести розв'язки відповідних задач та аргументувати свої обрані варіанти відповідей на теоретичні питання. Звісно, при цьому дещо втрачається оперативність оцінювання, оскільки користуючись лише відміченими варіантами відповідей можливо отримати тільки попередній результат. Кінцева оцінка коригується після перегляду ходу рішення та його обговорення з студентом, якщо в цьому виникає потреба. Проте такий підхід все одно є більш оперативний, ніж традиційна перевірка письмових робіт завдяки стандартизованій формі відповідей та більш інформативна, ніж звичайні тести.

### Методи навчання

Лекцій й лабораторні заняття, консультації до занять, самостійної та індивідуальної роботи.

### Методи контролю

Усне опитування, захист лабораторних робіт, самостійна робота, семестровий залік

### Критерії та норми оцінювання знань, умінь і навичок студентів з навчальної дисципліни. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний і модульний контроль		залік
Лаб. роботи	МКР	100
50 балів	50 балів	

### Підсумковий рейтинг з дисципліни.

Рейтингова оцінка з кредитного модуля	Оцінка за шкалою ECTS	Рекомендовані системою ECTS статистичні значення (у %)	Екзаменаційна оцінка за національною шкалою	Національна залікова оцінка
90-100 і більше	A (відмінно)	10	відмінно	зараховано
82-89	B (дуже добре)	25	добре	
75-81	C (добре)	30	задовільно	
67-74	D (задовільно)	25		
60-66	E (достатньо)	10		
35-59	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)		незадовільно	не зараховано
34 і менше	F (незадовільно з обов'язковим проведенням додаткової роботи)			

### **Поточний контроль (12 балів)**

Максимальна кількість балів, яку можна отримати за лабораторний практикум – **(50 балів)** (за умови виконання всіх різновидів роботи, передбачених планом заняття).

### **Рекомендована література**

1. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник. 2-е вид. / За ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2009. – 416 с.
2. Рябенський В. М. Цифрова схемотехніка: Навч. посіб / В. М.Рябенський, В. Я. Жуйков, В.Д. Гулий. – Львів: Новий Світ-2000, 2012. –736с.
3. Фрике К. Вводный курс цифровой электроники / К.Фрике. – Москва: Техносфера, 2003. – 432с.
4. Поведа Р.А. Основи сучасної електроніки. Лабораторний практикум. Частина 1 / Р.А. Поведа, Ц.А. Криськов, С.В. Оптасюк. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2018. – 70 с.
5. Поведа Р.А. Основи сучасної електроніки. Частина 2. Дискретна електроніка. Лабораторний практикум. Частина 2 / Р.А. Поведа, С.В. Оптасюк. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2021. – 70 с.