



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Комп'ютерне моделювання фізичних та технологічних процесів мікро- та наноелектроніки

Шифр та назва спеціальності

176 «Мікро- та наносистемна техніка»

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Мікроелектроніка енергоефективності та електронний захист

Кафедра

Мікро та наноелектроніки (167)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Семестр

1

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Мінакова Ксенія Олександрівна

kseniia.minakova@khpi.edu.ua

Кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри мікро- та наноелектроніки НТУ «ХПІ».

Стаж роботи 12 років. Автор понад 200 наукових і навчально-методичних праць. Провідний викладач дисциплін: «Комп'ютерне моделювання фізичних та технологічних процесів мікро- та наноелектроніки», «Математичні пакети прикладних програм», «Квантова електроніка», «Фізичне матеріалознавство напівпровідникових приладів» та ін.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на здобуття теоретичних і практичних знань щодо сучасних методів математичного та комп'ютерного моделювання систем і процесів, які використовуються в системах мікро- та наноелектроніки. В ході навчання студенти дізнаються, як створювати імітаційні моделі, інтерпретувати отримані результати моделювання, використовувати отримані результати для досягнення поставлених цілей дослідження або проектування, розвивають навички праці з пакетами прикладних програм.

Мета та цілі дисципліни

Формування у студентів практичних навичок математичного моделювання фізичних процесів та сучасних методів чисельного розв'язку. Основними завданнями навчальної дисципліни є вироблення у студентів навичок комп'ютерного моделювання фізичних процесів та явищ при дослідницькій та педагогічній роботі за фахом.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, РГР, консультації, екзамен.

Компетентності

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК7. Навички міжособистісної взаємодії.

ФК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення.

ФК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.

ФК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення.

ФК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах.

ФК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.

ФК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.

ФК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

ФК8. Здатність розробляти та застосовувати технологічні рішення виробництва приладів сонячної енергетики.

ФК10. Здатність розробляти та застосовувати технологічні рішення виробництва елементів захисту електронного обладнання.

Результати навчання

ПРН2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

ПРН4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів.

ПРН6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.

ПРН8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

ПРН11. Досліджувати процеси у мікро- та нанoeлектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.

ПРН12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.

ПРН16. Проектувати, виготовляти, досліджувати параметри та експлуатувати пристрої сонячної енергетики у відповідності до вимог замовника.

ПРН17. Розробляти та досліджувати параметри елементів захисту електронного обладнання у відповідності до вимог замовника.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні роботи - 16 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Компетентності, якими має володіти студент (дисципліни): вища математика, загальна фізика, обчислювальна техніка, вступ до спеціальності, фізика напівпровідників, українська мова, іноземна мова.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Теоретичний аналіз наукових джерел, створення власного технічного проєкту, робота в малих групах, практичні вправи.

Дисципліна побудована на розгляді практичних рішень та проєктів для промислових об'єктів України з урахуванням розгляду світових досягнень і рішень у сфері відновлюваної енергетики. В рамках самостійної роботи студентам пропонується розрахунково-графічна робота, яка дозволить сформулювати індивідуальні навички проєктування завершених рішень для подальшої професійної діяльності.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ до математичного моделювання у Wolfram Mathematica

Огляд середовища, основні можливості для фізичних обчислень та моделювання. (2 год.)

Тема 2. Числові методи та симуляції в Wolfram Mathematica

Сфери застосування, приклади вирішення реальних фізичних задач. (4 год.)

Тема 3. Імітаційне моделювання у Mathematica

Особливості побудови моделі, етапи розробки та основи візуалізації даних. (4 год.)

Тема 4. Стохастичні та ймовірнісні моделі

Метод Монте-Карло, симуляція випадкових процесів у Wolfram Mathematica. (2 год.)

Тема 5. Оптимізація процесів у Wolfram Mathematica

Використання стандартних вбудованих функцій для моделювання та оптимізації технологічних та процесів. (4 год.)

Тема 6. Моделювання фізичних процесів

Моделювання руху, коливань, електричних та магнітних полів у Wolfram Mathematica. (6 год.)

Тема 7. Динамічні моделі та їх аналіз у Wolfram Mathematica

Моделювання детермінованих та дискретних систем, кінцеві автомати. (2 год.)

Тема 8. Оптичні та квантові явища

Моделювання хвиль, інтерференції та дифракції в Wolfram Mathematica. (4 год.)

Тема 9. Диференціальні рівняння у Wolfram Mathematica

Рішення звичайних та часткових диференціальних рівнянь для фізичних систем, автоматизація розв'язку задач. (2 год.)

Тема 10. Моделювання теплових процесів у Wolfram Mathematica.

Використання методів чисельного моделювання для розв'язку рівнянь теплопровідності в різних середовищах. (2 год.)

Теми практичних занять

Тема 1. Рух тіл у Wolfram Mathematica. Одновимірний та двовимірний рух у центральному полі сил, моделювання траєкторій.

Тема 2. Генерація випадкових чисел та стохастичні моделі. Моделювання розподілу випадкових величин, метод Монте-Карло.

Тема 3. Імітаційне моделювання фізичних процесів. Побудова імітаційних моделей різних фізичних процесів у середовищі Wolfram Mathematica.

Тема 4. Моделювання квантових та теплових процесів. Моделювання квантових явищ, таких як інтерференція та дифракція, а також теплових процесів з використанням рівняння теплопровідності.

Теми лабораторних робіт

ЛР 1. Інтерфейс Wolfram Mathematica та базові обчислення. Основи роботи у середовищі, введення даних, прості обчислення та візуалізація результатів.

ЛР 2. Графіка та програмування у Wolfram Mathematica. Побудова графіків, програмування елементарних обчислень.

ЛР 3. Моделювання стохастичних та детермінованих процесів. Побудова стохастичних моделей, аналіз результатів.

ЛР 4. Імітаційне моделювання технологічних процесів. Створення моделей для дослідження та оптимізації технологічних процесів.

Самостійна робота

Самостійна робота студента виконується у вигляді розрахунково-графічної роботи (на вибір):

РГР 1: Моделювання процесу руху частинок під час формування тонких плівок

1. Вихідні дані завдання.
2. Обрання оптимального методу формування тонких плівок.
3. Обрання методу моделювання та створення попередньої моделі у Wolfram Mathematica.
4. Уточнення параметрів моделі та її оптимізація.
5. Розрахунок траєкторій руху частинок під час наплення.
6. Аналіз отриманих даних та співставлення з експериментально досягнутими результатами.
7. Висновки.

РГР 2: Моделювання процесу руху носіїв заряду під час роботи напівпровідникового фотоелектричного перетворювача.

1. Вихідні дані завдання.
2. Аналіз механізмів та фізичних явищ, що впливають на рух заряджених частинок під час роботи напівпровідникового фотоелектричного перетворювача.
3. Обрання методу моделювання та створення попередньої моделі у Wolfram Mathematica.
4. Уточнення параметрів моделі та її оптимізація.
5. Розрахунок траєкторій руху носіїв заряду під час роботи напівпровідникового фотоелектричного перетворювача.
6. Аналіз отриманих даних та співставлення з експериментально досягнутими результатами.
7. Висновки.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Stephen Wolfram. An Elementary Introduction to the Wolfram Language. – Wolfram Media, 2017. – 325 p.
2. Semiconductor Device Physics: Basic Principles, 4th ed. / D. Neamen. - McGraw- Hill, New York, NY, USA, 2012.
3. Математичне моделювання в науково-технічних дослідженнях. Моделювання у середовищі Wolfram Mathematica: навчально-методичний посібник / Укладачі: Петрик М. Р., Бойко І. В. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – 108 с. [Електронний ресурс]. <https://core.ac.uk/download/pdf/161834216.pdf>
4. Solar energy. The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems. / A. Smets, K. Jäger, O. Isabella, R. van Swaaij, M. Zeman. - UIT Cambridge Ltd, England, 2016.
5. Головацький В. А. Система комп'ютерної алгебри Mathematica 5: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2008. – 352 с.

6. Математичні обчислення в програмному пакеті Mathematica 5: Методичні рекомендації. — Луцьк: РВВ «Вежа» Волинського національного університету імені Лесі Українки, 2009. — 48 с. [Електронний ресурс]. <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/18858/1/WolframMath.pdf>
7. Michael Trott. The Mathematica GuideBook for Programming. – Springer, 2004. – 1028 p.

Додаткова література:

1. Brian R. Hunt, Ronald L. Lipsman, John E. Osborn, Donald A. Outing, Jonathan Rosenberg. Differential Equations with Mathematica, Third Edition. – John Wiley & Sons, 2009. – 271 p.
2. Patrick T. Tam. *A Physicist's Guide to Mathematica*, Second Edition. – Academic Press, 2008. – 728 p.
3. Steve VanWyk. *Computer Solutions in Physics: With Applications in Astrophysics, Biophysics, Differential Equations, and Engineering*. – World Scientific, 2008. – 282 p.
4. Martha L. Abell, James P. Braselton. *Mathematica by Example*, Fourth Edition. – Academic Press, 2008. – 576 p.
5. Jim Hoste. *Mathematica DeMYSTiFied*. – McGraw-Hill Professional, 2008. – 320 p.
6. Heikki Ruskeepaa. *Mathematica Navigator: Mathematics, Statistics and Graphics*, Third Edition. – Academic Press, 2009. – 1136 p.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Підсумкова оцінка складається із наступних обов'язкових частин:

1. Звіти за результатами розрахунків практичних занять 1-4 - 10 балів кожний (40%).
2. Звіти за результатами лабораторних робіт 1-4 - 10 балів кожний (40%).
2. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 20 балів (20%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

24.06.2024



Завідувач кафедри
Роман ЗАЙЦЕВ

24.06.2024



Гарант ОП
Роман ЗАЙЦЕВ