

АНОТАЦІЯ

Назва дисципліни / освітнього компонента	МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ У ФІЗИЦІ ТА АСТРОНОМІЇ
Освітня програма	Фізика та астрономія Середня освіта. Фізика та астрономія
Компонент освітньої програми	Вибірковий
Загальна кількість кредитів та кількість годин для вивчення дисципліни	3 кредити / 90 годин
Вид підсумкового контролю	Залік
Мова викладання	Українська
Викладач	доц. Максимцев Юрій Романович
CV викладача на сайті кафедри	https://kfamv.rshu.edu.ua/home/kolektyv-kafedry?view=article&id=25:maksymtsev-yurii-romanovych&catid=11
E-mail викладача	yurii.maksymtsev@rshu.edu.ua
Консультації	Четвер: 12.45 – 14.00 Аудиторія 206, Пластова 31

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна "Методи моделювання у фізиці та астрономії" є фундаментальною складовою підготовки сучасних дослідників, орієнтованою на вивчення принципів створення комп'ютерних аналогів складних природних систем. У сучасних умовах, коли пряий експеримент може бути технічно неможливим (наприклад, у космології чи фізиці високих енергій) або надто вартісним, комп'ютерне моделювання виступає третім методом пізнання, що доповнює теоретичні розрахунки та лабораторні спостереження.

Головною метою вивчення дисципліни є засвоєння методології побудови ієрархії фізичних моделей: від концептуального опису явища до його програмної реалізації та верифікації. Курс спрямований на розвиток у здобувачів освіти здатності виділяти ключові фізичні чинники, що визначають динаміку системи, та відкидати другорядні параметри для створення ефективних обчислювальних алгоритмів. Особлива увага приділяється моделюванню систем багатьох тіл, гідродинамічних процесів у плазмі, еволюції зоряних скупчень та космологічних структур.

Основними завданнями навчальної дисципліни є: Вивчення теоретичних основ математичного моделювання, включаючи детерміновані та стохастичні підходи до опису фізичних систем. Опанування методів дискретизації безперервних середовищ для розв'язання задач гідродинаміки та теорії поля, що є критичним для моделювання зоряних атмосфер та міжзоряного газу. Засвоєння специфічних астрономічних методів моделювання, таких як метод *N-тіл* для розрахунку гравітаційної взаємодії в галактиках та планетних системах. Вивчення методів *Монте-Карло* для моделювання процесів переносу випромінювання та ядерних реакцій у надрах зірок. Набуття навичок аналізу стійкості обчислювальних схем та оцінки адекватності моделі реальним фізичним процесам через порівняння з даними спостережень. Розвиток вміння візуалізувати багатовимірні дані моделювання для виявлення прихованих закономірностей та структур.

Об'єктом вивчення є складні багатопараметричні системи мікро- та

макросвіту, поведінка яких описується системами диференціальних або інтегральних рівнянь. Предметом дисципліни є методи та алгоритми чисельного відтворення динаміки цих систем на *ЕОМ*, що дозволяє прогнозувати стан об'єкта в умовах, які не піддаються прямому вимірюванню.

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тематика лекційних занять (16 годин).

Лекція 1. Основи математичного моделювання. Ієрархія моделей: феноменологічні, напівемпіричні та фундаментальні моделі. Етапи розробки комп'ютерної моделі.

Лекція 2. Моделювання динамічних систем. Лагранжів та Ейлерів підходи. Чисельне інтегрування рівнянь руху в центральному полі. Симплектичні інтегратори.

Лекція 3. Метод N -тіл в астрофізиці. Пряме підсумовування та деревоподібні алгоритми (*Tree-codes*). Моделювання динамічної еволюції зоряних скупчень та стабільності планетних систем.

Лекція 4. Моделювання суцільних середовищ. Чисельна гідродинаміка (*CFD*). Метод часток у комірках (*PIC*) та метод згладжених часток (*SPH*) для опису міжзоряного газу.

Лекція 5. Стохастичне моделювання та марковські процеси. Алгоритм Метрополіса. Моделювання фазових переходів та термодинамічної рівноваги у фізичних системах.

Лекція 6. Перенос випромінювання та енергії. Моделювання спектрів зоряних атмосфер. Чисельні методи розв'язання рівняння переносу в неоднорідних середовищах.

Лекція 7. Космологічне моделювання. Формування великомасштабної структури Всесвіту. Врахування темної матерії та енергії в чисельних експериментах.

Лекція 8. Верифікація та візуалізація моделей. Критерії адекватності моделі. Методи візуалізації великих масивів даних. Майбутнє суперкомп'ютерного моделювання (*Exascale computing*).

Тематика практичних занять (14 годин).

Практичне заняття 1. Моделювання руху в обмеженій задачі трьох тіл. Пошук стійких орбіт та точок Лагранжа для системи Земля-Місяць.

Практичне заняття 2. Побудова моделі сонячної системи. Розрахунок ефемерид планет з урахуванням взаємних збурень.

Практичне заняття 3. Моделювання зоряного скупчення методом N -тіл. Дослідження процесу динамічного тертя та випаровування зірок зі скупчення.

Практичне заняття 4. Чисельне моделювання ударних хвиль. Реалізація одновимірної гідродинамічної моделі для опису розширення залишку наднової.

Практичне заняття 5. Моделювання випадкових блукань фотонів. Розрахунок часу виходу випромінювання з надр зірки методом Монте-Карло.

Практичне заняття 6. Моделювання галактичних спіралей. Використання моделі часток для відтворення спіральної структури в дискових галактиках.

Практичне заняття 7. Статистичний аналіз результатів моделювання. Порівняння синтетичних кривих блиску та спектрів із реальними спостережними даними.