



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias
Escuela de Física

Programa de Curso

| | |
|---|---|
| Nombre del curso: Física Computacional | Requisitos: MA1003 Cálculo III MA1004 Álgebra Lineal, CI-0202 Principios de Informática |
| Sigla: FS-0432 | Correquisitos: Ninguno |
| Horas: 4 h teóricas | Ciclo: IV |
| Créditos: 4 | Clasificación: Propio |

1. DESCRIPCIÓN

El presente es un curso teórico-práctico que pretende introducir y familiarizar a la persona estudiante en diversas herramientas para el cálculo, simulación y análisis de modelos matemáticos para la resolución de problemas en la Física. El curso se desarrollará en un laboratorio de cómputo con acceso a equipo con capacidades de computación de alto rendimiento y acceso a GNU/Linux y Python. El curso empieza con una introducción a Linux, así como varias herramientas de la línea de comando esenciales y herramientas para el desarrollo de software. Luego, se ampliarán y fortalecerán los conocimientos básicos de programación adquiridos en el curso de Principios de Informática para luego enfocar el curso en la implementación de herramientas matemáticas mediante la programación y computación científica con aplicaciones en Física.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un dominio básico de herramientas computacionales para la resolución, simulación y modelado de diferentes situaciones propias de la física.

Objetivos específicos

- Adquirir un dominio básico del uso de GNU/Linux.
- Adquirir un dominio intermedio de herramientas de programación científica.
- Modelar problemas físicos por medio de herramientas computacionales.

- Adquirir capacidad de criterio para escoger y programar las técnicas computacionales más apropiadas para el modelado y análisis de datos en física.
- Tener un conocimiento básico sobre la programación en paralelo y colaborativa.

3. CONTENIDOS DEL CURSO

INTRODUCCIÓN A COMPUTADORAS Y LINUX

- Hardware de computadoras (componentes, CPUs, almacenamiento, Sistema Operativo)
- Introducción y Fundamentos de GNU/Linux (Historia Unix-like, Distribuciones, Aplicaciones)
- Operaciones Básicas y Herramientas de Sistema (CLI, comandos básicos, herramientas básicas, expresiones regulares)
- Automatización y scripts (BASH, fifos, pipes)
- Breve introducción a programación de alto nivel, como por ejemplo Matlab, Mathematica, Maple, etc.

INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN:

- Ciclos de vida de programas
- Programas y prácticas para el control de versiones
- Herramientas para el desarrollo de programas colaborativos
- Buenas prácticas para la documentación del código

PROGRAMACIÓN INTERMEDIA (por ej. basada en Python):

- Revisión de variables, tipos y estructuras básicas: strings, listas, tuplas, diccionarios.
- Revisión de funciones, operadores, expresiones y estructuras de control.
- Comprensión de listas y usos como reemplazo de técnicas antiguas de programación.
- Manejo de excepciones y programación inteligente.
- Uso de programación orientada a objetos para creación de objetos físicos.
- Bibliotecas, perfilado e interacción con otros lenguajes.

INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO

- Conceptos básicos de HPC (Arquitecturas y tipos de computación)
- Introducción al paralelismo (tipos, ventajas, retos y concurrencia)
- Programación en paralelo (OpenMP, MPI, CUDA, bibliotecas y herramientas)
- Optimización de código, escalabilidad y entornos.

HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS CON APLICACIONES EN FÍSICA:

- Técnicas Numéricas Básicas
 - Integración y derivación
 - Búsqueda de raíces
 - Ajuste de mínimos cuadrados
 - Métodos de Montecarlo (aleatoriedad y aplicaciones)
- Trabajo con Ecuaciones Diferenciales
 - Ecuaciones diferenciales ordinarias
 - Ecuaciones diferenciales parciales
- Herramientas y aplicaciones de Análisis Espectral
 - Transformadas de Fourier discretas (DFT)
 - Transformadas de Fourier rápidas (FFT)

APLICACIONES PRÁCTICAS EN FÍSICA

Se desarrollarán a criterio de la persona docente, entre las cuales se sugiere:

- Osciladores y Mecánica Clásica
- Dinámica de Fluidos y Ecuaciones de Onda
- Simulaciones de Electricidad y Magnetismo
- Aplicaciones en Mecánica Cuántica
- Modelos Estadísticos y Termodinámicos
 - Ecuación de Calor
 - Caminos Aleatorios
 - Modelo de Ising
 - Dinámica Molecular

4. METODOLOGÍA

Durante el curso se emplea una metodología participativa. Las clases dinámicas e interactivas alternan entre segmentos teóricos (puede incluir clases magistrales, videos, presentaciones, invitados) y actividades prácticas y aplicadas inmediatas. Se realizarán tareas semanalmente para reforzar el dominio de conceptos y las herramientas aprendidas. Adicionalmente, se realizará un proyecto a lo largo del semestre en donde se desarrolle un programa para el estudio de alguna situación física en particular seleccionada por el estudiantado. La parte escrita se presentará en formato de artículo científico y se acompañará de una presentación oral ante toda la clase.

5. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiantado se podrá evaluar, entre otros, mediante la entrega de tareas programadas, trabajo en clase y un portafolio de programas y productos. Además, se realizará un proyecto de semestre, el cual podrá contemplar diferentes componentes evaluativas como un anteproyecto, avance, presentación oral e informe final. La composición de la nota final incluirá al menos tres tipos de instrumentos de evaluaciones distintos, siendo uno de ellos el proyecto de semestre.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. A. Markus, *Modern Fortran in practice*, Cambridge University Press, New York, USA, 1st Edition (2012)
2. B. Lauwens, and A. B. Downey, *Think Julia: How to think like a computer scientist*, O'Reilly Media, Sebastopol, USA, 1st Edition (2019)
3. G. Ruetsch, and M. Fatica, *CUDA Fortran for scientists and engineers*, Elsevier Inc., Waltham, USA, 1st Edition (2014)
4. J. F. Boudreau, and E. S Swanson, *Applied computational physics*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1st Edition (2018)
5. J. M. Kinder, and P. Nelson, *A student's guide to Python for physical modeling*, Princeton University Press, New Jersey, USA, 1st Edition (2015)
6. J. M. Thijssen, *Computational Physics*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2nd Edition 3rd printing (2012)
7. Landau R. H., and Paez M. J., *Computational Problems for Physics: With Guided Solutions Using Python*, CRC Press, Boca Raton, USA, 1st Edition (2018)
8. M. Curcic, *Modern Fortran: Building efficient parallel applications*, Manning Publications Co., Shelter Island, USA, 1st Edition (2020)
9. P. O. J. Scherer, *Computational Physics: simulation of classical and quantum systems*, Springer, 3rd Edition (2010)
10. R. H. Landau, et al., *Computational Physics: problem solving with Python*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 3rd Edition (2015)
11. R. Landau, et al, *A survey of computational physics: introductory computational science*, Princeton University Press, New Jersey, USA, 1st Edition (2008)
12. S. J. Chapman, *Fortran for Scientists and Engineers*, McGraw-Hill Education, New York, USA, 4th Edition (2018)
13. Scopatz and K. D. Huff, *Effective Computation in Physics*, O'Reilly Media, Sebastopol, USA, 1st Edition, Cham, Switzerland (2015)
14. T. Pang, *An introduction to Computational Physics*, Cambridge University Press, New York, USA, 1st Edition (2006)
15. W. H. Press, et al, *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 3rd Edition (2007)

Aprobado en Resolución Vicerrectoría de Docencia VD-12824-2023 y rige a partir del I ciclo 2024.

Inclusión de curso al plan 04 de la carrera 210202 Bach. y Lic. en Meteorología, aprobado en Resolución Vicerrectoría de Docencia VD-13132-2024 y rige a partir del I ciclo 2025.