**Introducción**

**Primer entregable: Campo central de fuerzas, elemento elástico no lineal**

Arif Morán Velázquez/

Ishan Joel Don Wickramage Madawala Guzmán/

Daniela Cruz Álvarez/

Carlos Gabriel Espinosa Contreras/

Alberto Anaya Velasco/

de abril de 2023

Carlos M. Hinojosa – Solución de problemas de mecánica clásica

En esta actividad se tiene como objetivo crear un código con python para simular un campo de fuerzas central generado por un elemento elástico no lineal y probar diferentes condiciones iniciales para generar el movimiento de una partícula en un espacio bidimensional. Se empleará una ecuación que simule el comportamiento de un resorte real de longitud normal L0 y una magnitud de fuerza dada por 𝐹(𝑟) = ―𝑘(𝑟 ― 𝐿0) + 𝑎(𝑟 ― 𝐿0)3, donde k y a son constantes positivas. El programa incluirá la generación del campo de fuerza vectorial 𝐹(𝑟), la admisión de una condición inicial arbitraria de posición y velocidad de una partícula de masa conocida, la determinación de aceleración, velocidad y posición en el tiempo TN a partir de los valores de estas mismas variables, en un tiempo anterior TN-1 mediante el método de Euler, y la visualización de la trayectoria de la partícula para un caso donde describa una especie de estrella de 4 o 5 picos. Además, se deberá indagar teóricamente si se cumple la conservación de la energía mecánica total durante todo el tiempo del movimiento y realizar corridas para poner a prueba los resultados.

**Teoría empleada**

* **Ley de Hooke no lineal:** Es una extensión de la Ley de Hooke, que establece que la fuerza aplicada a un resorte es proporcional a la deformación del mismo. En este caso, se considera que la fuerza aplicada al resorte no es lineal, sino que incluye un término cúbico que hace que la relación entre la fuerza y la deformación sea no lineal. También esta parte no lineal se multiplica por una constante para llevarla a una escala muy pequeña para evitar tener un desfase.
* **Runge-Kutta 4:** Es un método numérico para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) que utiliza cuatro evaluaciones de la función derivada para aproximar la solución de la EDO. Es un método muy utilizado debido a su precisión y eficiencia.
* **Sistemas dinámicos:** Son sistemas que cambian con el tiempo, cuyo comportamiento se describe mediante ecuaciones diferenciales. Los sistemas dinámicos pueden ser estables o inestables, y su comportamiento a largo plazo puede ser muy complejo.
* **Ecuaciones diferenciales:** Son ecuaciones que describen la relación entre una función y su derivada. En esta actividad se utilizan ecuaciones diferenciales para modelar el movimiento de la partícula en el campo de fuerzas generado por el resorte.
* **Sistemas de partículas:** Son sistemas físicos que consisten en varias partículas que interactúan entre sí. En esta actividad, aunque solo se está modelando una partícula, se pueden utilizar herramientas de sistemas de partículas para analizar la interacción entre múltiples partículas en sistemas más complejos.

**Imágenes de trayectorias de los casos especificados**

**valores de energía que demuestran su conservación (puede ser gráfico) y explicaciones adecuadas y científicas de los resultados.**

Se pide realizar el programa que incluya lo siguiente:

1. Generar el campo de fuerza vectorial alrededor de un origen fijo de un sistema coordenado bidimensional (*x*, *y*) que simule el comportamiento de un resorte real de longitud normal *L0 (*en su estado relajado) y una magnitud de fuerza dada por . Donde *k* y *a* son constantes positivas. Un extremo del resorte está unido al origen y el otro extremo a una partícula. Haga que *a* << *k,* de manera que el efecto no lineal sea tan solo una leve perturbación. Graficar el campo de fuerzas. Advierta que la ecuación *F(r)* = 0 tiene tres soluciones (tres círculos en la gráfica).

Gráfico, Gráfico de dispersión

Descripción generada automáticamente

Ilustración 1. Titulo poncho

Al analizar el campo vectorial se observa el fenómeno del resorte de cierta manera clara. Dado que la línea roja es , una compresión por debajo de esta distancia será hacia fuera, por otro lado, una decompresión arriba de , lleva a una fuerza hacia dentro. Por otro lado, los otros dos radios, son antinutritivos y provienen debido a la parte no lineal de nuestra ecuación.

1. Admitir condición inicial arbitraria de posición y velocidad de una partícula de masa conocida.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

1. Determinar aceleración, velocidad y posición en el tiempo TN a partir de los valores de estas mismas variables, en un tiempo anterior TN-1 (el método de Euler).

Gráfico, Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente con confianza baja

1. Desplegar visualmente la trayectoria de la partícula para un caso donde describa una especie de estrella de 4 ó 5 picos (usted elige las condiciones iniciales para lograrlo). Es decir, debe realizar un número exacto de picos en una sola revolución (ya sean los 4 ó 5 picos y repetirse el proceso). Sugerencia: el cuerpo oscilará pasando por un círculo de radio *R* donde F*(R)* = 0.

Gráfico

Descripción generada automáticamente con confianza media

Diagrama

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Histograma

Descripción generada automáticamente

1. ¿Se cumple la conservación de la energía mecánica total durante todo el tiempo del movimiento? Indáguelo teóricamente y realice corridas para poner a prueba sus resultados.

Gráfico, Histograma

Descripción generada automáticamente

En el caso arbitrario anterior se espera un valor de 6.375, al sustituir nuestros vectores de posición respectivos en la energía potencial y las velocidades en el caso de la energía cinética se observa claramente como en el tiempo, la energía mecánica es invariante y permanece en un valor de 6.375 Joules. Así mismo al modelar la energía potencial y cinética podemos observar como son inversas y toman la misma forma de manera volteada indicando el cambio de energía de potencia y cinética y viceversa.

En la estrella

Gráfico, Histograma

Descripción generada automáticamente

En el segundo modelo de la estrella de igual manera al sustituir en la formula antes obtenida se obtuvo una energía de -4.4468875. Al modelar en el tiempo de manera idéntica , los vectores de esta simulación se obtuvo exactamente el mismo valor de energía .

Código