

## Actividad #7 (Espacio Fase)

*Instructor: Carlos Lizárraga Celaya*

*Student: Antonio Cota Rodríguez*

### Introducción

Hemos estudiado en las prácticas anteriores cual es el comportamiento de un péndulo simple y hemos resuelto la ecuación diferencial tanto para el caso de ángulos pequeños como para amplitudes arbitrarias. Ahora nos toca graficar el espacio fase generado por el péndulo dadas las condiciones iniciales. Primero definiremos que es el espacio fase.

### Espacio Fase

En mecánica clásica, el espacio fásico, espacio de fases o diagrama de fases es una construcción matemática que permite representar el conjunto de posiciones y momentos conjugados de un sistema de partículas. Ms técnicamente, el espacio de fases es una variedad diferenciable de dimensión par, tal que las coordenadas de cada punto representan tanto las posiciones generalizadas como sus momentos conjugados correspondientes. Es decir, cada punto del espacio fásico representa un estado del sistema físico. Ese estado físico vendrá caracterizado por la posición de cada una de las partículas y sus respectivos momentos.

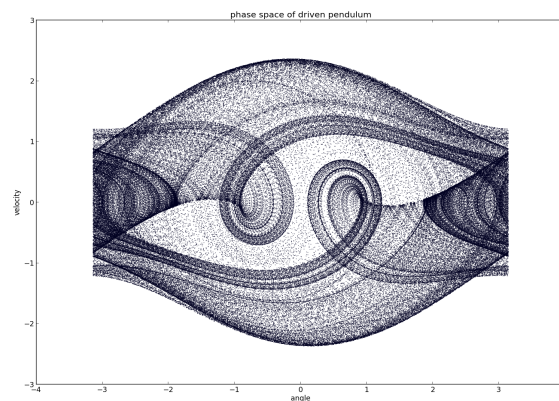


FIGURE 1 – Espacio fase de un péndulo forzado (ejemplo)

### Programa

En el siguiente programa resolverá la ecuación diferencial del péndulo utilizando el método `scipy.integrate.odeint`

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
import pylab as p

# Utilizaremos las siguientes contantes
g = 9.8
l = 3.0
b = 0.0
c = g/l
```

```

# Condiciones iniciales
X_f1 = np.array([-5.0*np.pi,3.0*np.pi])
X_f2 = np.array([-4.0*np.pi,-0.0*np.pi])
t = np.linspace(0,4.0*np.pi,1000)

# Ecuacion diferencial
def p (y, t, u, v):
    theta, omega = y
    dy_dt = [omega,-u*omega -v*np.sin(theta)]
    return dy_dt

# EL estilo

values = np.linspace(-1,1,120)
vcolors = plt.cm.PuBu(np.linspace(1.0,1.0, len(values)))
plt.figure(2)

for v, col in zip(values, vcolors):
    y0 = v * X_f1

    X = odeint(p, y0, t, args=(b,c))
    plt.plot( X[:,0], X[:,1], lw=3.5*v, color=col, label='X0=(%.f, %.f)' % ( y0[0], y0[1]) )

for v, col in zip(values, vcolors):
    y1 = v * X_f2
    X1 = odeint(p, y1, t, args=(b,c))
    plt.plot( X1[:,0], X1[:,1], lw=3.5*v, color=col, label='X0=(%.f, %.f)' % ( y1[0], y1[1]) )

# Grafica
plt.title('Espacio fase')
plt.xlabel(r'$ \theta $')
plt.ylabel('$ \omega $')
plt.grid()
plt.xlim(-2.0*np.pi,2.0*np.pi)
plt.ylim(-7,7)
plt.show()

```

Con su respectiva gráfica :

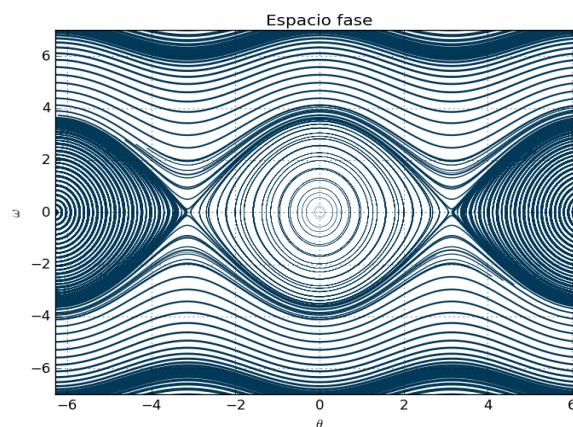


FIGURE 2 – Espacio fase de nuestro péndulo