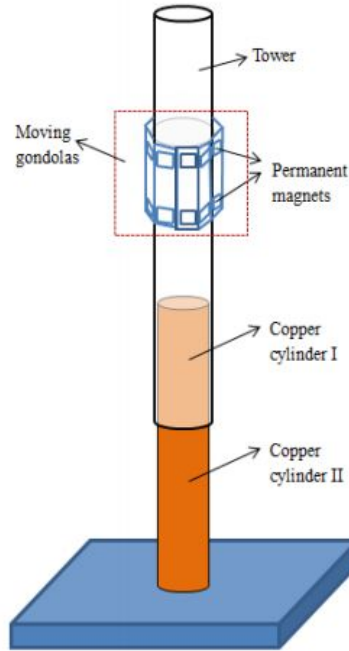

Reto: Frenado Magnético

Integrantes

Carlos Alberto Ramírez Viche
Andrea Garza
Omar Cota Rodríguez
Alejandro Javier Guerra Lozano
William Frank Monroy Mamani

A00832076
A00832444
A00829941
A01570736
A00829796

Cálculo y simulación de la desaceleración por frenado magnético en una torre de caída en parques de diversiones



Se debe crear una simulación computacional de la desaceleración por frenado magnético de una góndola en una torre de caída de un parque de diversiones. En donde se podrá especificar, entre otros parámetros, la altura total de la torre y la altura de la parte conductora de la torre que sirve para el frenado magnético. La simulación debe mostrar gráficas de la velocidad y aceleración como función de la altura de la góndola.

Ley de Biot-Savart y Desarrollo de las ecuaciones para las componentes del campo

$$\vec{B} = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i \sin(\theta) ds}{r^2}$$

$$B_y = \frac{\mu_0 i a z}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{r^3} \left(1 + \frac{3ay \sin\theta}{r^2}\right) \sin\theta d\theta = \frac{\mu_0 i a z}{2\pi r^3} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin\theta + \frac{3ay \sin^2\theta}{r^2}\right) d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 i a z}{2\pi r^3} \left(-\cos\theta + \frac{3ay}{2r^2} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta\right)\right)_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\mu_0 i a z}{2\pi r^3} \left(\frac{3yz}{r^2}\right)$$

$$B_z = \frac{\mu_0 i a}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (a - y \sin\theta) \frac{1}{r^3} \left(1 + \frac{3ay \sin\theta}{r^2}\right) d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 i a}{2\pi r^3} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left(a - y \sin\theta - \frac{3ay^2 \sin^2\theta}{r^2} + \frac{3a^2 y \sin\theta}{r^2}\right) d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 i a}{2\pi r^3} \left(a\theta - \frac{3a^2 y \cos\theta}{r^2} + y \cos\theta - \frac{3ay^2}{2r^2} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta\right)\right)_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\mu_0 i a}{2\pi r^3} \left(1 - \frac{3y^2}{2r^2}\right)$$

$$= \frac{\mu_0 i a}{2\pi r^3} \left(\frac{3z^2}{r^2} - 1\right)$$

$$r = \sqrt{z^2 + y^2}$$

Sistema de ecuaciones diferenciales de orden mayor para calcular la posición y velocidad.

Esta ecuación diferencial de orden superior la resolvimos mediante el método de Runge Kutta de orden 4.

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg - \frac{9(\mu\mu_0)^2 a^4}{4R} \frac{z^2}{(z^2 + a^2)^5} \frac{dz}{dt}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = f(x_n, y_n)$$

$$k_2 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = f(x_n + h, y_n + hk_3)$$

Funciones utilizadas en Matlab

- Numeric Slider: Crea un control deslizante y un indicador.
- Meshgrid: Devuelve coordenadas de cuadrícula 2D basadas en las coordenadas contenidas en los vectores X e Y.
- Quiver: Traza los vectores como flechas en las coordenadas especificadas en cada par de elementos correspondiente en X e Y.
- AutoScaleFactor: Especifica cómo escalar un valor.
- LineWidth: Es usada para establecer el grosor de las flechas en el gráfico.
- Plot: crea un gráfico de líneas 2D de los datos de Y frente a los valores correspondientes de X.
- Subplot: Crea una figura con varios sub gráficos apilados.
- Linspace: Genera un vector espaciado linealmente
- Transpose: Transponer un vector o una matriz.

Pseudocódigo o diagrama de flujo(Entregable 1)

1. Limpiar pantallas
2. Definir las constantes de la malla
3. Asignar los valores “x” y “y” para generar el espacio lineal de los vectores.
4. Usar la función meshgrid para generar la cuadrícula, asignando los valores de “x” y “y” y guardarlos respectivamente en una variable.
5. Definir los parámetros para el campo:
 - Permeabilidad magnética
 - Valor de la corriente eléctrica
 - Valor del radio
6. Calcular la distancia al punto (r)
7. Definir la función “obtener campo” , para calcular el campo magnético de la espira para “x” y “y”
8. Usar la función “obtener campo”.
9. Con los valores obtenidos en la función “obtener campo”, usar la función quiver, para generar matrices a partir de los vectores.
10. Fijar la escala a usar.
11. Fijar el grosor de las flechas.
12. Pide los valores para x y para y.
13. Lee los valores para x y para y.
14. Calcula la distancia.
15. Dibujar la espira.

Pseudocódigo o diagrama de flujo(Entregable 2)

1. Declarar las variables para la función (MU(valor del componente ferromagnético,g(gravedad),MU0,a(radio),R(resistencia))
2. Crear la función
3. Establecer los parámetros para el método Runge Kutta 4 (h,T, y)
4. Crear el método Runge Kutta 4
 - a. Establecer ecuación con los parámetros del usuario para calcular la k1
 - b. Establecer ecuación con los parámetros del usuario para calcular la k2
 - c. Establecer ecuación con los parámetros del usuario para calcular la k1
 - d. Establecer ecuación con los parámetros del usuario para calcular la k2
 - e. Establecer ecuación para obtener la nueva x ($x_{i-1} + h$)
 - f. Establecer ecuación para obtener la nueva y
 - g. Crear un ciclo para poder calcular los valores de k1, k2,k3,k4, nueva x y nueva “y” cuántas veces quiera el usuario
 - h. Calcular valores (se inicia el ciclo). Graficar la posición contra el tiempo

Pseudocódigo o diagrama de flujo(Entregable 2)

6. Derivar la ecuación de posición con respecto al tiempo
7. Graficar la velocidad contra el tiempo
8. Derivar la ecuación de la velocidad con respecto al tiempo
9. Graficar la aceleración contra el tiempo
10. Graficar la posición, velocidad y aceleración contra el tiempo en una sola gráfica.

Condiciones de operación del código en Matlab para la entrega 1 (B de una espira):

```
q.MagneticField = 100;  
q.LineWidth = 1;  
  
xx = abs(input("Introduce el valor para X: "));  
yy = abs(input("Introduce el valor para Y: "));  
II = abs(input("Introduce el valor para la corriente: "));  
aa = abs(input("Introduce el valor para el radio: "));  
r = sqrt(((xx-0)^2 + (yy-0)^2));  
  
Ccx=((μ0*II*aa^2)./(4.*r.^3)) .* ((3.*xx.*yy)./(r.^2));  
disp("componente Bx");  
disp(Ccx);  
Ccy=((μ0*II*aa^2)./(4.*r.^3)) .* ((3.*yy.^2)./(r.^2)-1);  
disp("componente By");  
disp(Ccy);  
Cc=sqrt(Ccx.^2+Ccy.^2);  
disp("Valor del Campo magnetico ")  
disp(Cc)  
hold on;  
plot(0, 0, 'ro',xx,yy, 'ro');  
  
hold off;
```

Command Window

```
Introduce el valor para X: 2.5  
Introduce el valor para Y: 2.5  
Introduce el valor para la corriente: 0.0105  
Introduce el valor para el radio: 5  
>> |
```

Dentro del primer entregable dejamos que el usuario ingresara el valor de 4 parámetros, estos eran el valor en “x” e “y” para el punto sobre el que se iba a calcular el campo magnético, la corriente que circula a través de la espira así como su radio.

El único parámetros que definimos como constante fue el valor de la permeabilidad magnética ($4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$).

Condiciones de operación del código en Matlab para la entrega 2 (Ecuaciones diferenciales de orden mayor):

Ecuaciones utilizadas

```
Ydot = [y2;  
        -g- ((9* ((MU*M0)^2)*a^4)/(m^4*R)) * (y2*y1^2)/(y1^2+a^2)^(5)];
```

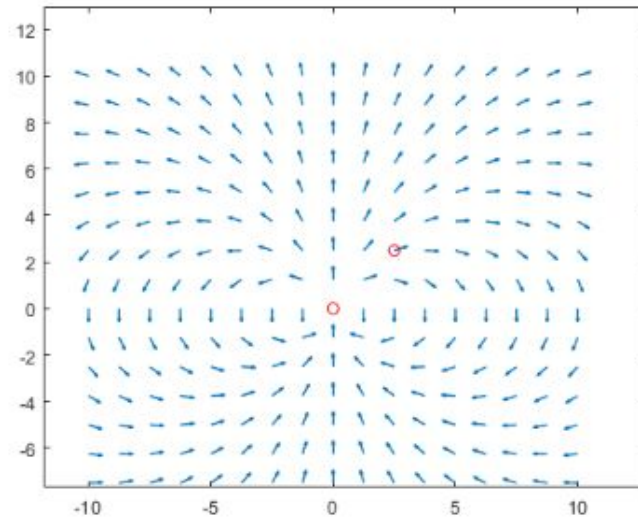
Parámetros del sistema:

```
% Parametros del sistema.  
g=9.81;  
MU= 200000;  
M0=4*pi*(10^-7);  
R=0.01;  
a= 1;  
m= 0.01;
```

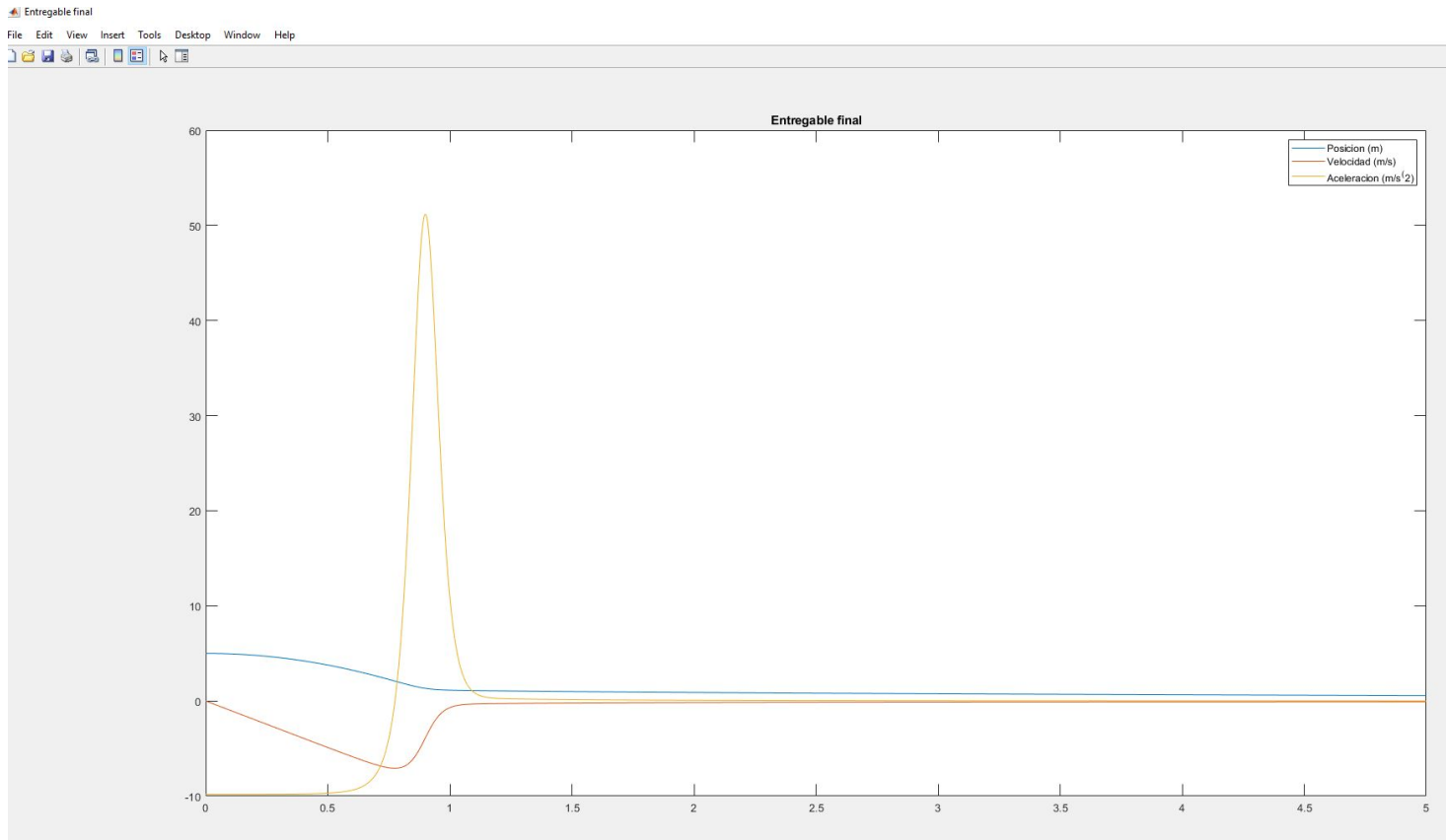
Gráficas obtenidas de parámetros relevantes- Entrega 1

componente By
2.7990e-09
componente Bz
9.3301e-10
Valor del Campo magnetico
2.9504e-09

```
Introduce el valor para X: 2.5  
Introduce el valor para Y: 2.5  
Introduce el valor para la corriente: 0.0105  
Introduce el valor para el radio: 5  
>> |
```



Gráficas obtenidas de parámetros relevantes- Entrega 2



GRÁFICAS DEL MOVIMIENTO

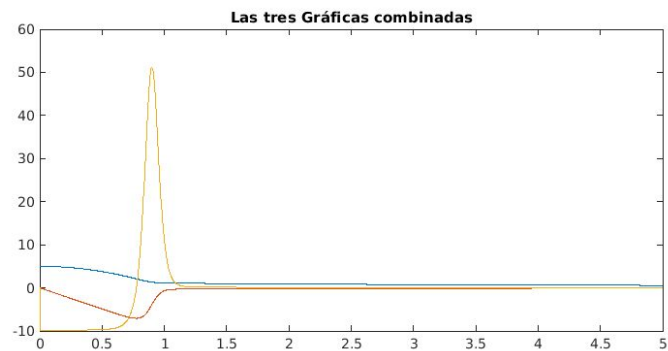
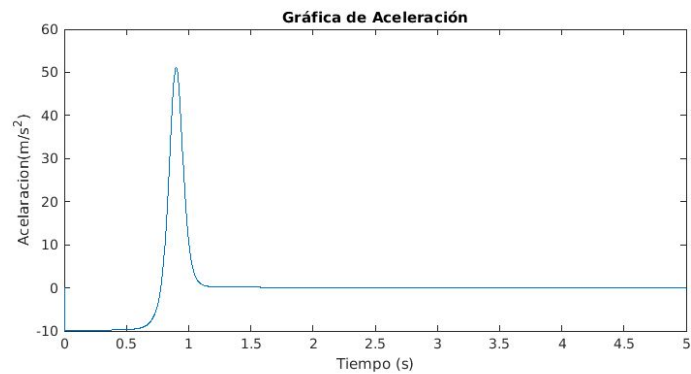
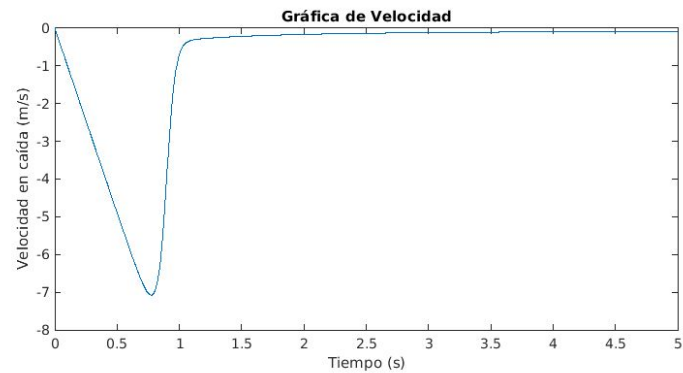
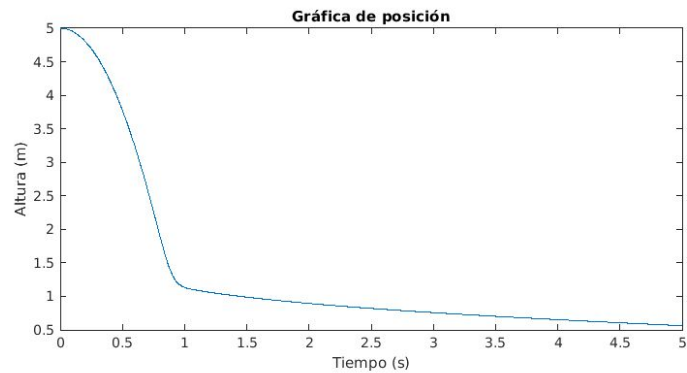
```
clear all;

% Inicialización del vector Y.
Y = [5; 0];
%Tiempo de simulación.
T=5;
% definición del tamaño de paso.
global h;
h= 2*10^(-3);

for i=0:T/h
    Data(i+1,:) = [transpose(Y), i*h];
    k1 = Sys2(Y, i);
    k2 = Sys2(Y + (k1*h)/2, i);
    k3 = Sys2(Y + (k2*h)/2, i);
    k4 = Sys2(Y + k3*h, i);
    Y = Y + h*(k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4)/6;
end

for n=1:i+1
    if n==1
        Data(n,4)= 0;
    else
        Data(n,4)= (Data(n,2)-Data(n-1,2))/h;
    end
end
```

```
29 figure('Name', 'Entregable final', 'NumberTitle', 'off', ...
30         'units', 'normalized', 'outerposition', [0 0 1 1]);
31 subplot(2,2,1)
32 plot(Data(:,3),Data(:,1))
33 title('Gráfica de posición')
34 xlabel('Tiempo (s)')
35 ylabel('Altura (m)')
36
37 subplot(2,2,2)
38 plot(Data(:,3),Data(:,2))
39 title('Gráfica de Velocidad')
40 xlabel('Tiempo (s)')
41 ylabel('Velocidad en caída (m/s)')
42
43
44 subplot(2,2,3)
45 plot(Data(:,3),Data(:,4))
46 title('Gráfica de Aceleración')
47 xlabel('Tiempo (s)')
48 ylabel('Acelaracion(m/s^2)')
49
50 subplot(2,2,4)
51 plot(Data(:,3),Data(:,1),Data(:,3),Data(:,2),Data(:,3),Data(:,4))
52 title('Las tres Gráficas combinadas')
```



Conclusiones:

En la gráfica de aceleración se puede ver que la aceleración inicial, es decir una vez que el objeto es soltado, es igual a la gravedad, porque si bien el cuerpo se suelta a una altura determinada y con una velocidad nula, la gravedad siempre está actuando sobre el cuerpo e induce un cambio en su velocidad que produce la caída, la velocidad se va haciendo negativa y la altura disminuye. Una vez que la velocidad es suficientemente negativa, el campo magnético, que se opone a la velocidad, produce una fuerza positiva sobre el imán. Se puede ver en la gráfica un incremento repentino de la aceleración debido a esta fuerza y simultáneamente un cambio en la velocidad la cual empieza a crecer y esto lleva a su vez a una disminución en la variación de la altura. Debido a que la velocidad se vuelve muy cercano a 0, disminuye el valor de la fuerza magnética y solo contrarresta la gravedad pero no la supera por lo tanto la velocidad negativa tiende a 0 y el cuerpo cae de forma muy lenta.



Alejandro Javier Guerra Lozano
A01570736



Omar Cota Rodríguez
A00829941



Andrea Garza
A00832444



Carlos Alberto Ramírez Viche
A00832076



William Frank Monroy Mamani
A00829796

Bibliografía

Franco García, Á. (2002, 11 junio). La espira. Física con ordenador.
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnetismo/campo_magnetico/espira/espira.html

Fernández, J., & Coronado, G. Ley de Biot-Savart. Recuperado en 28 de mayo de 2021, de
<https://www.fisicalab.com/apartado/campo-magnetico-creado-corriente-electrica>

Antonio Cedillo Hernandez. (2020, 3 junio). Método de Runge Kutta de Cuarto Orden - EDO Orden Superior [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5MXShmwkd4w>

Serway, R. (2018). Física para ciencias e ingeniería. Volumen 2 (10.a ed., Vol. 2). Cengage Learning.