Universidad de Sonora
División de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Física
Laboratorio de Mecánica II
Práctica #1: "Cinemática Rotacional: MCU y MCUA"

I. **Objetivo.**

- Estudiar el movimiento rotacional y sus características, en particular, analizar el comportamiento del desplazamiento angular, la rapidez angular y la aceleración angular para un movimiento circular uniforme (MCU) y para un movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA).

II. **Introducción.**

En el mundo que nos rodea existen muchos ejemplos de movimientos en rotación, desde las moléculas hasta las galaxias. El estudio de la rotación puede simplificarse mediante analogías que existen entre el movimiento lineal y el movimiento de rotación. Algunos sistemas que giran con respecto un eje, lo hacen de tal forma que la distancia entre dos partículas cualesquiera, que forman parte del mismo, no se modifica. Un sistema de este tipo se denomina cuerpo rígido.

Durante la realización de esta práctica se trabajará con sistemas en rotación que pueden considerarse rígidos, sin embargo, en esta actividad el objetivo será analizar la cinemática de la rotación. Es decir, el estudio de todas aquellas variables que nos permiten identificar cómo rota un sistema sin considerar las causas que generan dicha rotación o los fenómenos observados en esta.

Otra característica de la práctica es que el estudio del sistema en rotación se limitará al análisis del movimiento de la región del sistema que se localizaba a un cierto radio de giro (coincidente con el punto donde se coloca la terminal de chispas).

La práctica consiste en dos actividades que involucran el mismo sistema de rotación. En la primera parte, se busca que la velocidad del movimiento de rotación y la forma en la cual se colocan los instrumentos de laboratorio, permitan despreciar aquellos agentes externos que afectan las características del movimiento de rotación. En la segunda parte, el objetivo será la generación de un movimiento de rotación, en el que existan factores que afectan de manera apreciable la velocidad de giro.

En ambas actividades mencionadas, usando el equipo e instrumentos que más adelante se indican, se registrarán los desplazamientos angulares del sistema correspondientes a un tiempo determinado, y a una revolución particular.

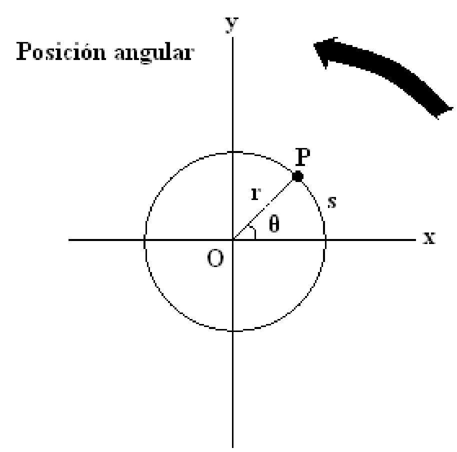
Posterior a la realización de la práctica, se deberán utilizar programas computacionales para analizar los resultados obtenidos por los estudiantes, tanto mediante ajustes lineales o cuadrático, como mediante la realización de gráficas para las diferentes magnitudes obtenidas directamente de la medición (posición angular) y calculadas (velocidad y aceleración angulares).

III. **Marco teórico.**

Hasta ahora conocemos cómo se desplaza un cuerpo por el espacio, pero cómo describir un desplazamiento en donde un cuerpo está sujeto a un pivote y solamente gira con un movimiento llamado de rotación, por ejemplo, cuando un disco compacto (CD) rota dentro un de un reproductor de discos compactos.

Para estar en posibilidades de describir este movimiento se debe tomar en cuenta una magnitud la cual encuentra una relación entre la distancia desplazada conforme se mueve describiendo un círculo.

Para poder comprender de mejor forma este concepto pasemos a una representación más esquemática del fenómeno.



Si utilizamos un ángulo para describir la posición angular de una forma más matemática. Comencemos considerando un objeto plano que gira alrededor de un eje fijo que es perpendicular al objeto y que pasa por el punto O. una partícula del objeto, que está indicada por el punto negro en la figura, se encuentra a una distancia fija r del origen y gira alrededor de O describiendo un circulo de radio r. De hecho todas las partículas del objeto describen un movimiento circular alrededor de O.

Como resultado, podemos ver que hay una estrecha relación entre el movimiento de una partícula a lo largo de una trayectoria circular. Pero un objeto que rota podemos imaginar que está compuesto por muchas partículas, cada una de las cuales se mueve con un movimiento circular.

La relación matemática que relaciona la posición respecto a una abertura en la circunferencia (arco S) con el ángulo subtendido por el radio (r) es

$$S = r\theta$$

$$\theta = s/r$$

Es importante fijarse en las unidades en las que está expresado θ en la ecuación.

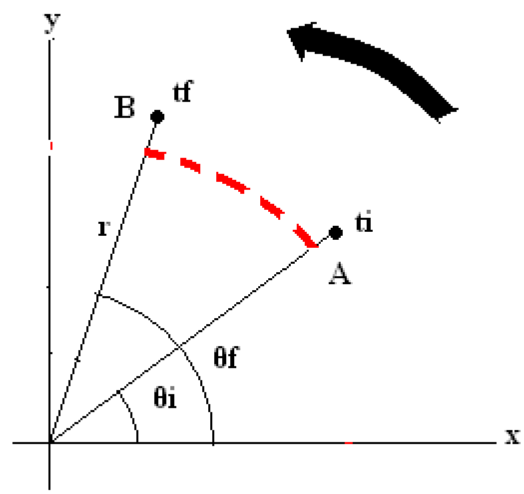
El ángulo θ es la razón entre la longitud de un arco y el radio del círculo y, por tanto, es un número puro (adimensional). Sin embargo, para fines prácticos la cantidad angular dada por el cociente anterior se expresa como radián (rad).

Con lo anterior, se define un radián como el ángulo subtendido por un arco cuya longitud es igual al radio del arco. Dado que la longitud de una circunferencia es 2Πr, se sigue que 360º corresponden a un ángulo de 2Πr/r(rad.) o 2Πrad.por tanto,1 rad. = 360º /2Π es aproximadamente igual a 57.3º.

$$\theta(\text{rad}) = \left(\frac{2\Pi}{360^\circ}\right)\theta(\text{deg})$$

A continuación consideremos que una partícula de un cuerpo rígido en rotación se mueve de A a B a lo largo de un arco de circunferencia (marcada en rojo en el esquema adjunto). En el intervalo de tiempo $\Delta t = t_f - t_i$, el vector correspondiente al radio barre un ángulo de

$$\Delta\theta = \theta f - \theta i$$



Definimos la rapidez angular promedio como

$$\omega_m \equiv \frac{\theta_f - \theta_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Tomando el límite cuando Δt tiende a 0 se convierte en la rapidez angular instantánea ω dada por la derivada

$$\omega \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

De manera similar, definimos la aceleración angular promedio como el cociente entre el cambio en la rapidez angular y el intervalo de tiempo Δt:

$$\alpha_m \equiv \frac{\omega_f - \omega_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Tomando el limite cuando t tiene a 0 se convierte en la aceleración angular o la aceleración instantánea dα/dt.

$$\alpha \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

Si a continuación consideramos que la aceleración a es constante, entonces podemos encontrar las siguientes ecuaciones:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t$$

$$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \tfrac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\left(\theta_f - \theta_i\right)$$

$$\theta_f = \theta_i + \tfrac{1}{2}\left(\omega_i + \omega_f\right)t$$

Estas ecuaciones serán utilizadas en el desarrollo de esta práctica con la finalidad de hacer los ajustes a los datos obtenidos del experimento buscando un acuerdo con las ideas anteriores.

IV. Materiales.

- Volante
- Generador de Chispas
- Transportador
- Papel Registro
- Cinta Adhesiva

V. Procedimiento.

♦ **Primera parte (MCU)**

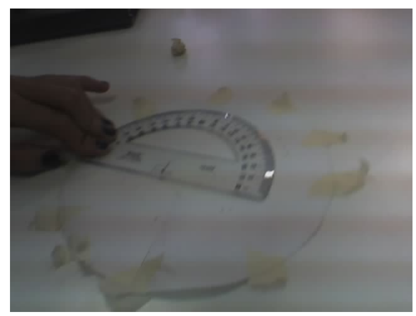
1. Colocar con cinta adhesiva un círculo de papel registro en una de las caras del volante.
2. Conectar el generador de chispas a la corriente eléctrica y al volante.
3. Encender el generador de chispas.
4. Darle un empuje al volante para que al menos durante una vuelta su velocidad sea constante, a continuación presionar el botón de encendido del generador y dejar que sobre el papel registro se marque algo menos que una vuelta (2π).

(NOTA: NO tocar el volante después de aplastar el botón de encendido del generador, puedes sufrir electrochoques).

5. Apagar el generador de chispas.
6. Quitar el papel registro y marcar el origen (es decir, el primer punto) y de ahí comenzar a hacer la medición haciendo uso del transportador, que será el desplazamiento angular a una velocidad constante.
7. Anotar los resultados en la Tabla I del movimiento circular uniforme, recordando convertir el desplazamiento angular de grados a radianes.

♦ **Segunda parte (MCU)**

8. Colocar un nuevo papel registro en el volante y pegar con la cinta adhesiva.
9. Apretar lo más posible el volante para que éste se frene rápidamente y así obtener un movimiento circular uniformemente desacelerado.
10. Encender el generador de chispas.
11. Darle un empuje al volante para que de al menos una vuelta, a continuación presionar el botón de encendido del generador y dejar que sobre el papel registro se marque algo menos que una vuelta (2π).
12. Apagar el generador de chispas.
13. Quitar el papel registro y marcar el origen (es decir, el primer punto) y de ahí comenzar a hacer la medición haciendo uso del transportador, que será el desplazamiento angular a una desaceleración constante.
14. Anotar los resultados en la Tabla III del movimiento circular uniformemente acelerado, recordando convertir el desplazamiento angular de grados a radianes.



VI. **Tablas y Resultados.**

♦ **Primera parte (MCU)**

1. Generar una gráfica que represente el desplazamiento angular (en radianes) por unidad de tiempo de los resultados obtenidos en la Tabla I, y hacer un ajuste de mínimos cuadrados a la curva resultante (lineal o cuadrático, según sea el caso).
2. Mediante la definición de rapidez media, realizar las operaciones requeridas para obtener la velocidad media en cada intervalo de tiempo, y anotar los resultados en la Tabla II.
3. Generar una gráfica que represente la velocidad media (radianes/segundo) por unidad de tiempo de los resultados obtenidos en la Tabla II, y hacer un ajuste de mínimos cuadrados a la curva resultante (lineal o cuadrática, según sea el caso).

Tabla I – Desplazamiento angular en el MCU

Medición	t	θ (grados)	θ (rads)
0	0/60		
1	1/60		
2	2/60		
3	3/60		
4	4/60		
5	5/60		
6	6/60		
7	7/60		
8	8/60		
9	9/60		
10	10/60		
11	11/60		
12	12/60		
13	13/60		
14	14/60		
15	15/60		
16	16/60		
17	17/60		
18	18/60		
19	19/60		
20	20/60		

Figura I – Gráfica del desplazamiento angular en el MCU (θ vs. t)

Tabla II – Rapidez angular en el MCU

Medición	*t*	ω (rad/s)
0	0/60	
1	1/60	
2	2/60	
3	3/60	
4	4/60	
5	5/60	
6	6/60	
7	7/60	
8	8/60	
9	9/60	
10	10/60	
11	11/60	
12	12/60	
13	13/60	
14	14/60	
15	15/60	
16	16/60	
17	17/60	
18	18/60	
19	19/60	
20	20/60	

Figura II – Gráfica de la rapidez angular en el MCU (ω vs. *t*)

♦ **Segunda parte (MCUA)**

4. Generar una gráfica que represente el desplazamiento (en radianes) por unidad de tiempo de los resultados obtenidos en la Tabla III.
5. Mediante la definición de rapidez media, realizar las operaciones requeridas para obtener la velocidad media (en radianes/segundo) en cada intervalo de tiempo, y anotar los resultados en la Tabla IV del movimiento uniformemente acelerado.
6. Generar una gráfica que represente la velocidad media por unidad de tiempo de los resultados obtenidos en la Tabla IV. Obtener la pendiente de la recta de la gráfica.

Tabla III – Desplazamiento angular en el MCUA

Medición	***t***	**θ (grados)**	**θ (rads)**
0	0/60		
1	1/60		
2	2/60		
3	3/60		
4	4/60		
5	5/60		
6	6/60		
7	7/60		
8	8/60		
9	9/60		
10	10/60		
11	11/60		
12	12/60		
13	13/60		
14	14/60		
15	15/60		
16	16/60		
17	17/60		
18	18/60		
19	19/60		
20	20/60		

Figura III – Gráfica del desplazamiento angular en el MCUA (θ vs. t)

Tabla IV – Rapidez angular en el MCUA

Medición	t	ω **(rad/s)**
0	0/60	
1	1/60	
2	2/60	
3	3/60	
4	4/60	
5	5/60	
6	6/60	
7	7/60	
8	8/60	
9	9/60	
10	10/60	
11	11/60	
12	12/60	
13	13/60	
14	14/60	
15	15/60	
16	16/60	
17	17/60	
18	18/60	
19	19/60	
20	20/60	

Figura IV – Gráfica de la rapidez angular en el MCUA (ω vs. t)

VII. **Preguntas.**

1. Basándote en los resultados, ¿cómo puedes comprobar que es un Movimiento Circular Uniforme?
2. ¿Qué representa y cómo es la pendiente de la gráfica de desplazamiento angular contra tiempo del MCU?
3. ¿Qué significa la pendiente de la gráfica velocidad angular contra tiempo del MCU?
4. A partir de los resultados obtenidos, ¿cuál es la característica que diferencia al MCUA del MCU?
5. ¿Qué representa y cómo es la pendiente de la gráfica desplazamiento angular contra tiempo en el MCUA?
6. ¿Qué representa y cómo es la pendiente de la gráfica velocidad angular contra tiempo en el MCUA?
7. ¿Los resultados obtenidos cumplen con la teoría?
8. ¿Qué se podría hacer para tener resultados más exactos?

VIII. **Conclusiones.**

IX. **Bibliografía.**