



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIA

LABORATORIO DE FISICA BASICA I

SIGLA

FIS 100 L

EXPERIMENTO

CANTIDAD DE MOVIMIENTO ANGULAR

INFORME DE LABORATORIO Nro.

11

DATOS PERSONALES

APAZA MERCADO PAOLA BELEN

14133669 S.C.

INGENIERIA QUIMICA

GESTION

I/2025

INDICE

1.- Objetivos	4
1.1.- Objetivo General	4
1.2.- Objetivos Específicos	4
2.- Justificación.....	4
3.- Marco teorico	6
4.- Materiales utilizados	11
5.- Procedimiento	12
6.- Tratamiento de Datos	14
6.1.- Calcular v_0 y L_i	14
6.2.- Calcular I_p y L_f	15
6.3.- Calcular la diferencia de L_f respecto de L_i	17
6.4.- Calcular la energía cinética del sistema.....	18
7.- Cuestionario	20
8.- Conclusiones	23
9.- Recomendaciones	23
10.- Anexos	24

INDICE DE TABLAS Y IMAGENES

Figura (1).....	7
Figura (2).....	13
Tabla 1.....	14
Tabla 2.....	15
Disparo de la esfera metálica.....	24
Colision.....	25
Hoja de Datos del Laboratorio.....	26

INFORME DE LABORATORIO Nro. 11

CANTIDAD DE MOVIMIENTO ANGULAR

1. - OBJETIVOS

1.1.- Objetivo General

- * Determinar la cantidad de movimiento angular de un cuerpo o sistema.

1.2.- Objetivos Específicos

- * Verificar la conservación de la cantidad de movimiento angular en una colisión que involucra rotación

- * Verificar si, en esa colisión, la energía cinética se conserva.

2. - JUSTIFICACION:

La cantidad de movimiento angular, también conocida como momento angular, es una medida de la cantidad de movimiento de un objeto giratorio. Es una cantidad vectorial que describe la resistencia de un objeto a cambiar su movimiento rotacional.

En detalle:

- Definición:

El momento angular (**L**) se define como el producto cruz entre el vector posición (**r**) y el vector momento lineal (**p**) de un objeto, es decir, **$L = r * p$** . Alternativamente, también se puede definir como el producto entre el momento de inercia (**I**) y la velocidad angular (**ω**), es decir, **$L = I\omega$** .

- Magnitud vectorial:

El momento angular es una cantidad vectorial, lo que significa que tiene tanto magnitud como dirección. La dirección del momento angular es perpendicular al plano de rotación y se determina usando la regla de la mano derecha.

- Conservación:

El momento angular se conserva en un sistema aislado, es decir, en un sistema donde no hay torques externos actuando sobre él. Esto significa que si el momento de inercia de un objeto cambia, su velocidad angular también debe cambiar para que el momento angular se mantenga constante.

- Relación con el momento lineal:

El momento angular es una forma generalizada del momento lineal, que se aplica al movimiento rotacional. Mientras que el momento lineal describe el movimiento de un objeto en línea recta, el momento angular describe el movimiento de un objeto en rotación.

Ejemplos comunes de momento angular incluyen:

El momento angular de un planeta orbitando una estrella.

El momento angular de una pelota rodando.

El momento angular de un cuerpo giratorio, como un disco o una rueda.

Importancia:

El momento angular es un concepto fundamental en la física y se utiliza en diversos campos, como la mecánica clásica, la mecánica cuántica y la astrofísica.

3. - MARCO TEORICO

Si un cuerpo rota con velocidad angular ω y su momento de inercia respecto del eje de rotación es I , su cantidad de movimiento angular es

$$L = I \omega \quad (1)$$

Si se aplica un torque neto τ a un cuerpo, confiriéndole un movimiento de rotación, la cantidad de movimiento angular del cuerpo varía según

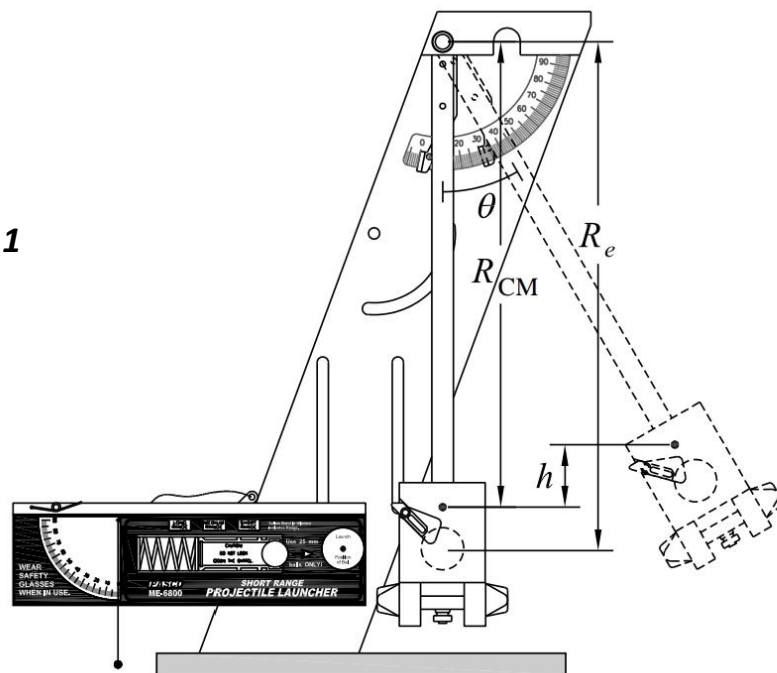
$$\tau = \frac{dL}{dt} \quad (2)$$

Entonces, si no existe torque externo neto, la cantidad de movimiento angular de un cuerpo no cambia; es decir, se conserva. Esto también se aplica a un sistema o grupo de cuerpos en rotación cuya cantidad de movimiento angular es igual a la suma (vectorial) de las cantidades de movimiento angular de los cuerpos individuales.

Como ejemplo, en una colisión entre dos cuerpos que rotan, los torques que actúan durante la colisión son torques internos del sistema constituido por los dos cuerpos; por tanto, como no existe torque externo neto, la cantidad de movimiento angular total debe ser la misma antes y después de la colisión.

Para el estudio experimental de una colisión que involucra rotación, se usará un péndulo balístico como el de la **Figura 1**, que opera con un lanzador de proyectiles. Inicialmente el péndulo está en reposo y el lanzador de proyectiles dispara horizontalmente una esfera que choca con el péndulo y queda retenida dentro de él. Después de la colisión, el péndulo adquiere un movimiento de rotación alrededor de su eje; aunque, debido a la gravedad, sólo se desvía cierto ángulo de la vertical y después invierte el sentido de su movimiento.

Figura 1



La cantidad de movimiento angular inicial del sistema es

$$L_i = I_e \omega_0 \quad (3)$$

siendo I_e el momento de inercia de la esfera respecto al eje del péndulo balístico y ω_0 , su velocidad angular respecto a ese eje justo antes de la colisión; o sea,

$$I_e = m R_e \quad (4)$$

donde m es la masa de la esfera y R_e , la distancia del eje del péndulo al centro de la esfera. Por otra parte,

$$\omega_0 = \frac{v_0}{R_e} \quad (5)$$

donde v_0 es la velocidad de la esfera antes de la colisión.

Con (4) y (5) en (3)

$$L_i = m R_e v_0 \quad (6)$$

v_0 se determina disparando la esfera sin estar presente el péndulo; de esta manera,

$$v_0 = D \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad (7)$$

siendo H la altura sobre el suelo desde la que se dispara la esfera y D , el alcance horizontal en el suelo.

La cantidad de movimiento angular final (justo después de la colisión) es

$$L_f = I_p \omega_f \quad (8)$$

donde I , es el momento de inercia del péndulo respecto a su eje (con la esfera incluida) y ω_f , su velocidad angular justo después de la colisión

Para determinar ω_f , puede aplicarse el principio de conservación de la energía mecánica, considerando que toda la energía cinética rotacional del péndulo inmediatamente después de la colisión se convierte en energía potencial gravitacional en su punto de máxima separación de la vertical. Luego, si se asume que la energía potencial del sistema esfera-péndulo antes de la colisión es cero, debe cumplirse que

$$\frac{1}{2} I_p \omega_f^2 = Mgh \quad (9)$$

siendo M la masa del péndulo con la esfera incluida y h , la altura máxima que se eleva su centro de masa; es decir,

$$h = R_{CM} (1 - \cos \theta) \quad (10)$$

donde R_{CM} es la distancia del eje del péndulo a su centro de masa (con la esfera incluida) y θ , el ángulo máximo que se separa el péndulo de la vertical después de la colisión. El aparato de la **Figura 1** tiene un transportador y un indicador que permiten medir ese ángulo fácilmente.

Reemplazando (10) en (9), despejando ω_f y reemplazando en (8) se obtiene

$$L_f = \sqrt{2I_p MgR_{CM} (1 - \cos \theta)} \quad (11)$$

I_p se determina experimentalmente haciendo oscilar el péndulo balístico como un péndulo físico. Para pequeños ángulos de oscilación el período del péndulo está dado por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_p}{MgR_{CM}}} \quad (12)$$

y si se mide T ,

$$I_p = \frac{MgR_{CM}T^2}{4\pi^2} \quad (13)$$

Finalmente, debe cumplirse que

$$L_i = L_f \quad (14)$$

4. - MATERIALES UTILIZADOS:

- * Lanzador de proyectiles
- * Prensa
- * Regla
- * Esfera
- * Hoja de papel
- * Papel carbónico
- * Plomada
- * Cinta adhesiva
- * Pendulo

5. - PROCEDIMIENTO:

*Montar el aparato de la Figura 1 sin incluir el péndulo. Ubicarlo en una esquina de una mesa con el lanzador de proyectiles apuntando hacia fuera de la mesa y sujetarlo con una prensa. Medir la altura ***H*** desde el suelo hasta la parte inferior del círculo blanco del lanzador de proyectiles. Verificar que el ángulo de disparo sea $0[^\circ]$.

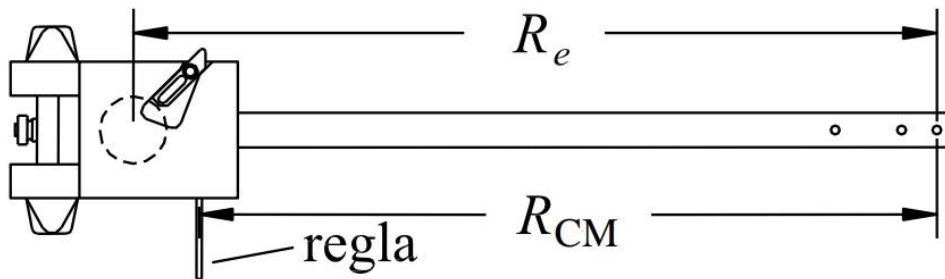
*Realizar un disparo (todos los disparos en este experimento se harán con alcance medio). En la zona de impacto en el suelo fijar un papel blanco, cubrirlo con papel carbónico y realizar cinco disparos. Usando una plomada, proyectar en el suelo, sobre cinta adhesiva, el centro del círculo blanco del lanzador. Llenar la ***Tabla 1*** de la Hoja de Datos Datos midiendo los alcances ***D*** desde el punto proyectado a cada uno de los impactos de la esfera y calculando su promedio.

*Colocar el péndulo en el aparato y verificar que el indicador de ángulos marque $0.0[^\circ]$ (de no ser así, tomar nota del error de cero). Dejar el péndulo retenido en posición horizontal, cargar el lanzador y volver el péndulo y el indicador de ángulos a sus posiciones originales. Realizar un disparo y tomar nota del ángulo alcanzado por el péndulo. A continuación, realizar cinco disparos colocando el indicador de ángulos en un ángulo unos $2[^\circ]$ menor al alcanzado en primera instancia; así se reducirá la influencia del rozamiento del indicador en la medición. De esa manera llenar la Tabla 2 (si existe, el error de cero de θ debe ser corregido). Calcular el promedio de los ángulos alcanzados.

*Sacar el lanzador de proyectiles del soporte y hacer oscilar el péndulo (con la esfera incluida) separándolo de la vertical un ángulo no mayor a $5[^\circ]$ y midiendo el tiempo que tarda en realizar 10 oscilaciones, dividir ese tiempo entre 10 y anotarlo como ***T***.

*Sacar el péndulo del soporte y medir la distancia del eje del péndulo al centro de la esfera, R_e . También medir la distancia del eje del péndulo a su centro de masa, R_{CM} ; esto se hace colocando el péndulo (con la esfera dentro de él) sobre el filo de una regla y buscando el punto de equilibrio, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2



*Medir la masa del péndulo con la esfera incluida, M , y la masa de la esfera, m .

6. - TRATAMIENTO DE DATOS

6.1. Calcular v_0 con el promedio de D de la Tabla 1 de la Hoja de Datos y la ecuación (7). Calcular L_i con la ecuación (6).

$$H = 0,914 [m]$$

Tabla 1

$D1 [m]$	$D2 [m]$	$D3 [m]$	$D4 [m]$	$D5 [m]$	$D [m] \text{ (prom.)}$
1,605	1,607	1,613	1,618	1,61	1,613

$$v_0 = D \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad (7)$$

$$v_0 = 1,613 \sqrt{\frac{9,775}{2 * 0,914}}$$

$$v_0 = 3,729964125$$

$$v_0 = 3,730 [m/s]$$

*** Para L_i :**

$$R_e = 0,3 \text{ [m]}$$

$$m = 0,0657 \text{ [Kg]}$$

$$L_i = m R_e v_0 \quad (6)$$

$$L_i = 0,0657 * 0,3 * 3,730$$

$$L_i = 0,0735183$$

$$L_i = 0,074 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

6.2. Calcular I_p , con la ecuación (13). Calcular L_f con el promedio de θ de la Tabla 2 y la ecuación (11).

Tabla 2

$\theta_1 [^\circ]$	$\theta_2 [^\circ]$	$\theta_3 [^\circ]$	$\theta_4 [^\circ]$	$\theta_5 [^\circ]$	$\theta [^\circ] \text{ (prom)}$
27,9	28	27,9	27,8	27,7	27,86

$$T = 1,026 \text{ [s]}$$

$$R_e = 0,3 \text{ [m]}$$

$$R_{CM} = 0,286 \text{ [m]}$$

$$M = 0,3155 \text{ [Kg]}$$

$$m = 0,0657 \text{ [Kg]}$$

*** Para I_p :**

$$I_p = \frac{MgR_{CM}T^2}{4\pi^2} \quad (13)$$

$$I_p = \frac{0,3155 * 9,775 * 0,286 * 1,026^2}{4\pi^2}$$

$$I_p = 0,02351890769$$

$$I_p = 0,024 \text{ [Kg m}^2\text{]}$$

*** Para L_f :**

$$L_f = \sqrt{2I_p MgR_{CM}(1 - \cos \theta)} \quad (11)$$

$$L_f = \sqrt{2 * 0,024 * 0,3155 * 9,775 * 0,286(1 - \cos 27,86)}$$

$$L_f = 0,07005162837$$

$$L_f = 0,070 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

6.3. Calcular la diferencia porcentual de L_f respecto de L_i .

Entonces:

$$L_i = 0,074 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

$$L_f = 0,070 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

$$\%Dif = \frac{|L_i - L_f|}{L_i} * 100$$

$$\%Dif = \frac{|0,074 - 0,070|}{0,074} * 100 = 5,405405405$$

$$\%Dif = 5,405\%$$

6.4. Calcular la energía cinética del sistema antes de la colisión, K_i , y la energía cinética del sistema inmediatamente después de la colisión, K_f . Calcular la diferencia porcentual de K_f , respecto de K_i .

*** Para K_i :**

$$m = 0,0657 \text{ [Kg]}$$

$$v_0 = 3,730 \text{ [m/s]}$$

$$K_i = \frac{1}{2}mv^2$$

$$K_i = \frac{1}{2} * 0,0657 * 3,730^2 = 0,45703876$$

$$K_i = 0,457 \text{ [J]}$$

*** Para K_f :**

$$R_{CM} = 0,286 \text{ [m]}$$

$$M = 0,3155 \text{ [Kg]}$$

$$\theta \text{ (prom)} = 27,86$$

$$K_f = Mgh$$

*para h ecuación (10)

$$h = R_{CM} (1 - \cos \theta) \quad (10)$$

$$h = 0,286 (1 - \cos 27,86) = 0,03314966188$$

$$h = 0,033 \text{ [m]}$$

***En la ecuación:**

$$K_f = Mgh$$

$$K_f = 0,3155 * 9,775 * 0,033 = 0,1017724125$$

$$K_f = 0,102 \text{ [J]}$$

Entonces:

$$K_i = 0,457 \text{ (J)}$$

$$K_f = 0,102 \text{ (J)}$$

Para la diferencia porcentual:

$$\%Dif = \frac{|K_i - K_f|}{K_i} * 100$$

$$\%Dif = \frac{|0,457 - 0,102|}{0,457} * 100 = 77,68052516$$

$$\%Dif = \mathbf{77,680\%}$$

7. - CUESTIONARIO

1. En la colisión de este experimento, ¿se verificó que la cantidad de movimiento angular se conserva? Explicar.

R. Se podría decir que si:

$$L_i = 0,074 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

$$L_f = 0,070 \text{ [Kg m}^2\text{/s]}$$

porque tenemos una diferencia entre la cantidad de movimiento inicial y final de un **5,405%** el cual es menor a ($\pm 10\%$)

2. En la colisión de este experimento, ¿se verificó que la energía cinética se conserva? Explicar.

R.No, debido que al principio tenemos una *Energía cinética* y después *Energía potencial gravitatoria*.

$$K_i = 0,457 \text{ (J)}$$

$$K_f = 0,102 \text{ (J)}$$

Los cuales tienen una diferencia de **77,680%**

3. La colisión de este experimento fue ¿elástica o inelástica? ¿Era lo esperado? Explicar.

R. Ya que la energía del experimento no se conserva, Entonces decimos que es una *Colisión Inelástica* , porque después de la colisión quedan unidos.

4. ¿Cómo podría usarse el péndulo balístico del experimento para determinar la velocidad inicial de la esfera, v_0 ?

R. Se podría en el caso que se determine la velocidad angular ω_0

El cual se puede sacar con la ecuación (5) de la Guía de Laboratorio.

5. ¿Cómo cambiaría o si la esfera rebotara del péndulo en lugar de quedar dentro de él? Explicar.

R. Sería una Colisión elástica: entonces tendríamos v_f , ω_f , ya que tendríamos Energía Cinética al inicio y al final, y también Energía Potencial Gravitatoria de nuevo.

8. - CONCLUSIONES:

* Se logro determinar la cantidad de movimiento angular de la esfera metálica y el péndulo. Entonces también conseguimos Verificar que la conservación de la cantidad de movimiento se conserva en esta colisión que involucra Rotación.

* Como parte de los Objetivos de este experimento teníamos que comprobar si la Energía Cinética se conservaba. Pero con los debido a la Colisión Inelástica se da un cambio de Energía que seria la Potencial Gravitatoria.

9. - RECOMENDACIONES:

* Tomar bien los Datos de con respecto a la velocidad de la esfera antes de la colisión, para poder calcular bien el tratamiento de datos.

* Lo mismo al medir la distancia del eje del péndulo, y su centro de masa

10. - ANEXOS

Disparos de la Esfera
metálica



Colision



Hoja de Datos Grupo 2

FÍSICA EXPERIMENTAL

MANUEL R. SORIA R.

11 CANTIDAD DE MOVIMIENTO ANGULAR

HOJA DE DATOS

VºBº:  Grupo 2

Estudiante: Estefany Valeria Zanga Poma

Fecha: 30 / 05 / 25

$$H = 0,914 \text{ [m]}$$

Tabla 1

D_1 [m]	D_2 [m]	D_3 [m]	D_4 [m]	D_5 [m]	D [m] (prom.)
1,605	1,607	1,613	1,618	1,610	1,613

Tabla 2

θ_1 [°]	θ_2 [°]	θ_3 [°]	θ_4 [°]	θ_5 [°]	θ [°] (prom.)
27,9	28,0	27,9	27,8	27,7	27,86

$$T = 1,026 \text{ [s]}$$

$$R_e = 30 \text{ [cm]}$$

$$R_{CM} = 28,6 \text{ [cm]}$$

$$M = 315,5 \text{ [g]}$$

$$m = 65,7 \text{ [g]}$$