

Escuela Superior de Economía y Negocios

Laboratorio #1: Momento de Inercia Rotacional

Grupo 13

Integrantes:

Melara Ayala Jafet Gerardo

Monterrosa Domínguez Roberto André

Rivera Granadino Manuel José

Física II

Sección 02

Ing. José María Velásquez, MCs

Jueves, 23 de septiembre del 2021

Resumen

En este reporte se presenta una comparación entre el momento de inercia rotacional experimental y el teórico, para ver como estos valores corresponden el uno con otro en la práctica. Para esto calculamos la inercia de un disco y un cilindro hueco con las mediciones correspondientes a cada procedimiento. También realizamos las pruebas físicas y cálculos escritos. Luego procedimos a comparar la parte práctica con la teórica.

Mediante este informe se explicará la diferencia que hubo entre sus cálculos y las posibles fallas e inconvenientes que pudo haber tenido el experimento y los cálculos presentados, ya que en un ambiente real no suceden las cosas idealmente como se plantean en la teoría.

Objetivos e introducción

El objetivo de esta práctica de laboratorio es encontrar, experimentalmente, el valor de la inercia rotacional de un cilindro hueco y un disco, y verificar si estos corresponden a los cálculos teóricos. La rotación está presente en muchas acciones de la vida diaria como en las ruedas de un carro, las aspas de un ventilador e incluso la rotación del planeta tierra. Por su considerable presencia en la cotidianidad y los usos que se le puede dar, es importante entender este fenómeno y crear fórmulas para describirlo y manipularlo.

El fenómeno de rotación es un tema vetusto que ha estado presente por mucho tiempo en la historia humana y se puede evidenciar con los estudios y resultados precisos de las civilizaciones tan viejas como la babilónica. Algunos de los astrónomos más antiguos, cerca del tercer milenio A. C., ya sabían que los planetas y otros cuerpos celestiales rotaban en torno a un punto. Y aunque incorrectamente creían que estos giraban en torno a la tierra, la idea de la rotación ya estaba.

Teoría

Derivadas de las 3 leyes de movimiento formuladas por Sir Isaac Newton en el año 1687, específicamente la primera, surgen las fórmulas y ecuaciones de inercia de los objetos rígidos. Estas nos permiten evaluar teóricamente y experimentalmente la inercia, velocidad angular, aceleración angular y otros valores de objetos en rotación.

Para este experimento, se asumía que los objetos utilizados eran completamente rígidos y los componentes se movían entre sí sin fricción, y a través del aire sin resistencia. Para poder calcular los momentos de inercia de los estos, usamos fórmulas de movimiento rotacional y de la segunda ley de Newton.

Para calcular la aceleración lineal de la cuerda usamos la ecuación 1, para su tensión la ecuación 2, para el momento de torsión la ecuación 3 y finalmente para la inercia ocupamos la ecuación 4.

$$a = r\alpha \quad (1)$$

$$\sum F = m(g - a) \quad (2)$$

$$\tau = rF \quad (3)$$

$$I = (\tau/\alpha) \quad (4)$$

Para los cálculos teóricos, se utilizaron dos ecuaciones, una diferente para cada objeto. Para el cilindro hueco se utilizó la ecuación 5 y para el disco sólido la ecuación 6.

$$I = (0.5)(M)[(R_1^2) + (R_2^2)] \quad (5)$$

$$I = (0.5)(M)(R^2) \quad (6)$$

Métodos experimentales

El experimento consiste en dejar caer una pesa de 20 y 30 gramos (una a la vez) atada a un hilo para hacer rotar un disco sólido y un cilindro hueco y capturar datos del movimiento con los sensores.

Montaje del experimento

1. Armamos la base y la estructura con las barras metálicas
2. Instalamos el sensor de movimiento rotacional con la súper polea
3. Conectamos el accesorio al programa PASCO Capstone en la computadora.
4. Amarramos un hilo al accesorio rotacional y lo enrollamos en sentido antihorario para que cuando la masa amarrada a él cayera, el hilo se desenvolviera en sentido horario y que la gráfica nos apareciera positiva.

Figura 1. Montaje del experimento



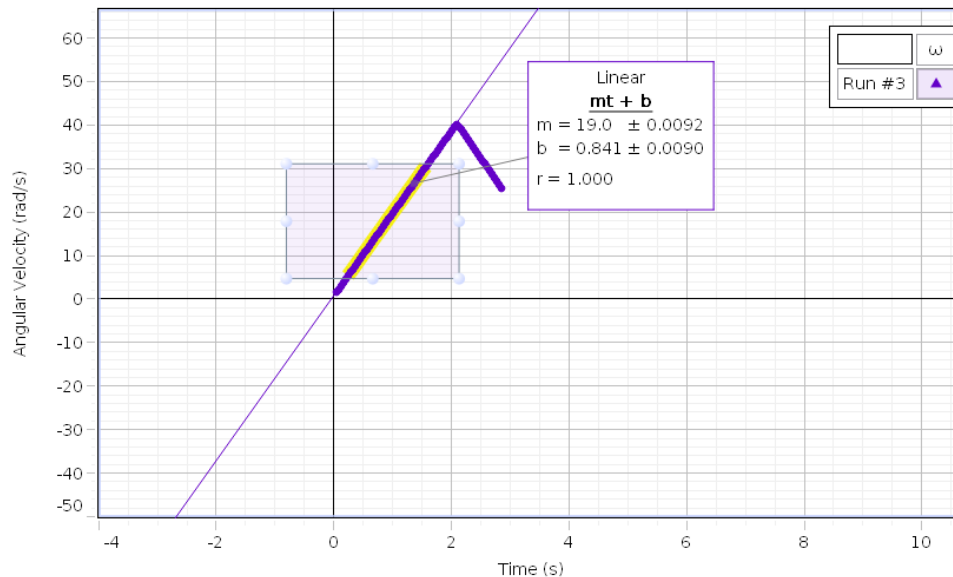
Fuente: Elaboración propia

Antes de empezar el experimento, determinamos las masas de los accesorios rotacionales utilizando la balanza, además de medir los diámetros interiores y exteriores con el pie de rey para obtener los radios.

Procedimiento experimental

A la hora de ejecutar el experimento, colocamos primero el disco y el cilindro hueco sobre el sensor de movimiento. Después, colgamos una masa de 30 gramos en el extremo del hilo. Como queríamos encontrar la aceleración del sistema, en el programa del computador editamos la gráfica a manera que fuera velocidad angular vs tiempo como en la figura 2. Así, cuando se presentara la función, podíamos encontrar la aceleración angular, que sería la pendiente de nuestra gráfica.

Figura 2. Intento 1 con Disco



Intento 1 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

Para terminar, repetimos el proceso, pero esta vez solamente con el disco, y en vez de usar 30 gramos para generar rotación, usamos 20. Se repitió el experimento 5 veces con el cilindro hueco más el disco (con 30g), y otras 5 veces solamente con el disco (con 20g).

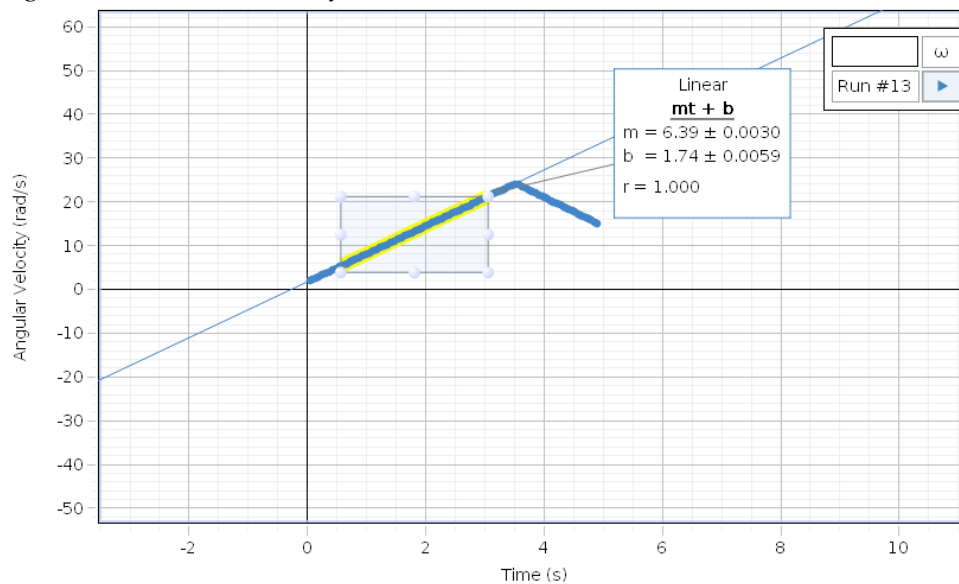
Resultados y discusión

Como las ecuaciones y fórmulas utilizadas toman como supuesto que los objetos son ideales y los experimentadores son perfectos en sus métodos, los resultados no fueron totalmente satisfactorios, ya que sus valores experimentales diferían por un promedio de 23.7% con respecto a los teóricos.

Para el cálculo de las inercias se obtuvo el peso del disco y el cilindro con la balanza, y sus radios y el radio de la polea con el pie de rey. Posteriormente se procedió a hacer el experimento para recolectar datos con los sensores y el equipo.

Luego de obtenida la aceleración angular a partir de la pendiente de la gráfica generada por PASCO Capstone (Figura 3) y los demás datos necesarios, usamos las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 para sacar los valores experimentales de la inercia de cada objeto.

Figura 3. Intento 5 Disco y Cilindro



Intento 5 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

Al calcular las inercias con sus respectivas incertidumbres, nos sorprendimos al ver la discrepancia entre lo esperado y lo obtenido. Encontramos entre nuestras mediciones una incorrecta: el radio de la polea. Por ende, utilizamos el valor en Moodle (1.435 cm) para tener un resultado mejor. Al corregir y actualizar nuestro proceso, los resultados fueron mucho más cercanos a los supuestos como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Momentos de inercia teóricos, experimentales, y porcentaje de error

Cuerpo	Momento de inercia teórico (Kg*m ²)	Momento de inercia experimental (Kg*m ²)	Porcentaje de error
Disco	0.00013070 ± 0.0000001755747	0.00014391 ± 2.274115E-07	10.10%
Cilindro	0.00038171 ± 0.0000003866765	0.00051117 ± 2.759689E-06	33.92%
Disco + Cilindro	0.00051242 ± 0.0000005622512	0.00065509 ± 2.987098E-06	27.84%

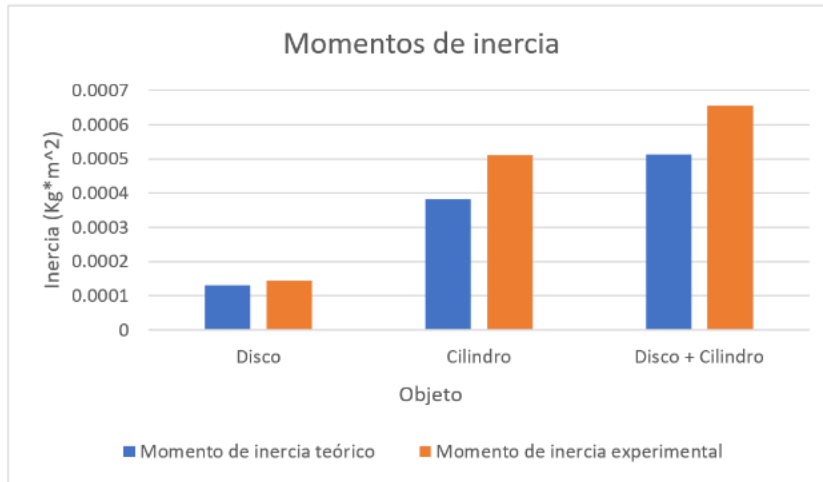
Fuente: Elaboración propia

Aunque cada herramienta de medición para experimentos trae consigo un nivel de incertidumbre hecha para cuantificar el error de sus resultados, esto no garantiza que la medida esté correcta. En muchos experimentos, al igual que en el nuestro, el error humano es un factor de desacierto cuando se habla de precisión.

Aunque pequeñas, las faltas de perfección por parte de los experimentadores pueden alterar los resultados esperados. En este caso, movimientos erróneos al soltar la pesa o el disco desde el reposo (dándole o quitándole velocidad al disco giratorio) pudieron haber causado desviaciones del valor real en los cálculos.

Un comportamiento que encontramos entre los valores teóricos y experimentales fue que consistentemente, los últimos eran mayores que los primeros como se observa en el gráfico 1. También, notamos que mientras la masa del objeto en rotación aumenta, también lo hace su momento de inercia.

Gráfico 1. Comparación de momentos de inercia



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la teoría asume que los objetos utilizados son ideales (sin peso ni deformación) y que los componentes no deslizan ni tienen fricción. Sin embargo, en una situación de la vida real, no se satisfacen estos supuestos. En el experimento pudo haber influido la dureza/estiramiento del hilo del cual colgaba la masa, la fricción entre él y la polea e incluso el rozamiento en los baleros de ellas.

Conclusiones

Dados los inconvenientes, los resultados nos fueron solo parcialmente favorables ya que los porcentajes de error no están dentro -aunque cerca- del rango aceptable. Sin embargo, podemos decir que pudimos comprobar, aunque con cierto error, la correspondencia de los valores teóricos con los experimentales. Comprendimos el principio del momento de la inercia rotacional y pudimos aplicarlo experimentalmente.

Una recomendación que, como equipo, daríamos a otros que quisieran replicar este experimento sería evitar lo máximo posible la interferencia humana, ya que en ocasiones nos pasaba que, al soltar la pesa, accidentalmente, lo hacíamos hacia un lado o incluso la jalábamos, afectando directamente las mediciones. Otra sugerencia que daríamos sería usar materiales que se asimilen lo más posible a la herramienta ideal; por ejemplo, usar balanzas y medidores digitales. Como último consejo, hay que observar muy bien el movimiento, para saber dónde se da el fenómeno y conseguir los datos necesarios para los cálculos.

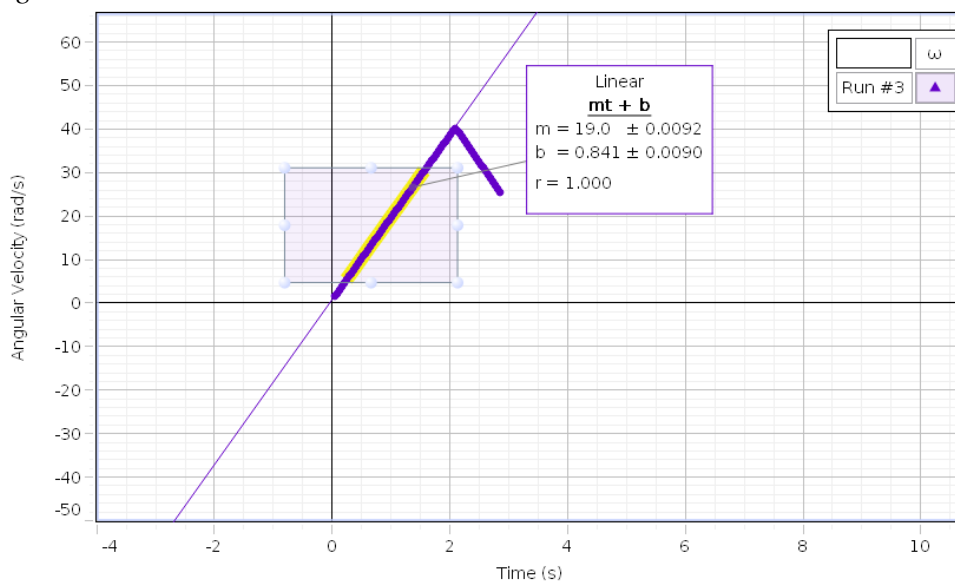
Referencias

- Duque-Escobar, G. (2017). *Guía Astronómica*. Guía n°1. Recuperado de [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3252/guia1.pdf?sequence=14&isAllowed=y#:~:text=Tales%20de%20Mileto%20\(640%20a.C.,Arist%C3%B3teles%20\(384%20a.](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3252/guia1.pdf?sequence=14&isAllowed=y#:~:text=Tales%20de%20Mileto%20(640%20a.C.,Arist%C3%B3teles%20(384%20a.)
- Pérez Porto, J. Gardey, A. (2019). Definición de momento de inercia [Enciclopedia]. Recuperado de <https://definicion.de/momento-de-inercia/>

Apéndice

Gráficas solo con disco:

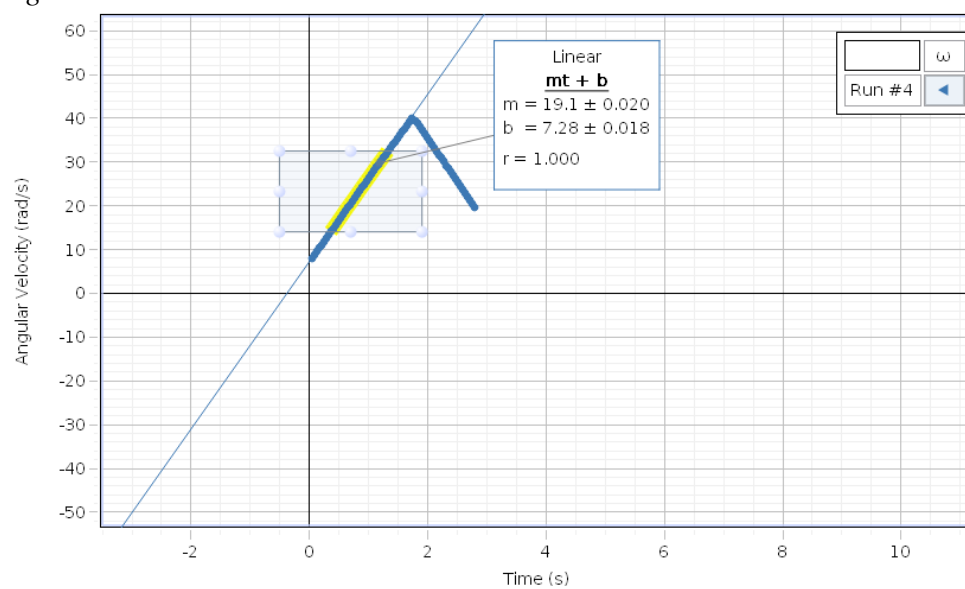
Figura 2. Intento 1 con Disco



Intento 1 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

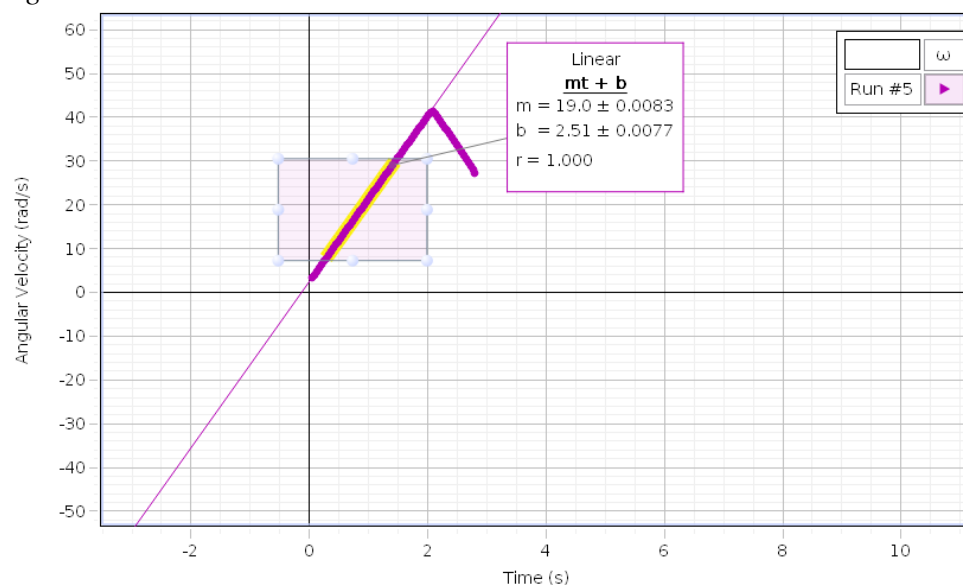
Figura 4. Intento 2 con Disco



Intento 2 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

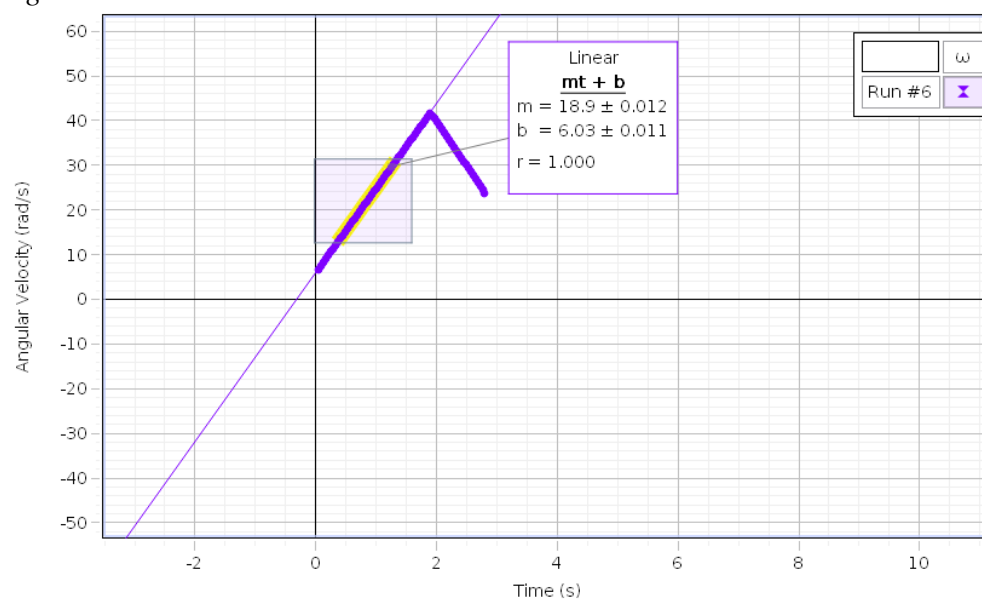
Figura 5. Intento 3 con Disco



Intento 3 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

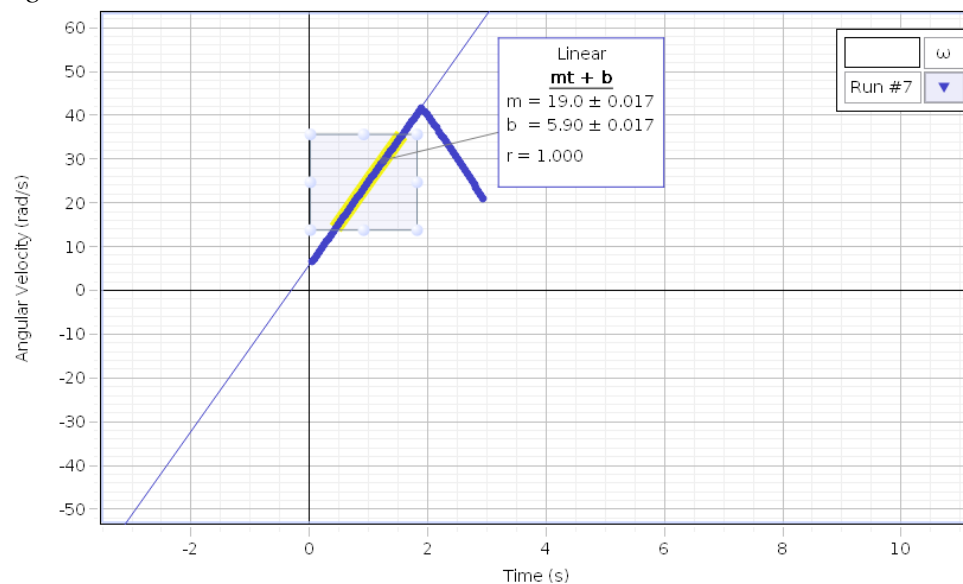
Figura 6. Intento 4 con Disco



Intento 4 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

Figura 7. Intento 5 con Disco

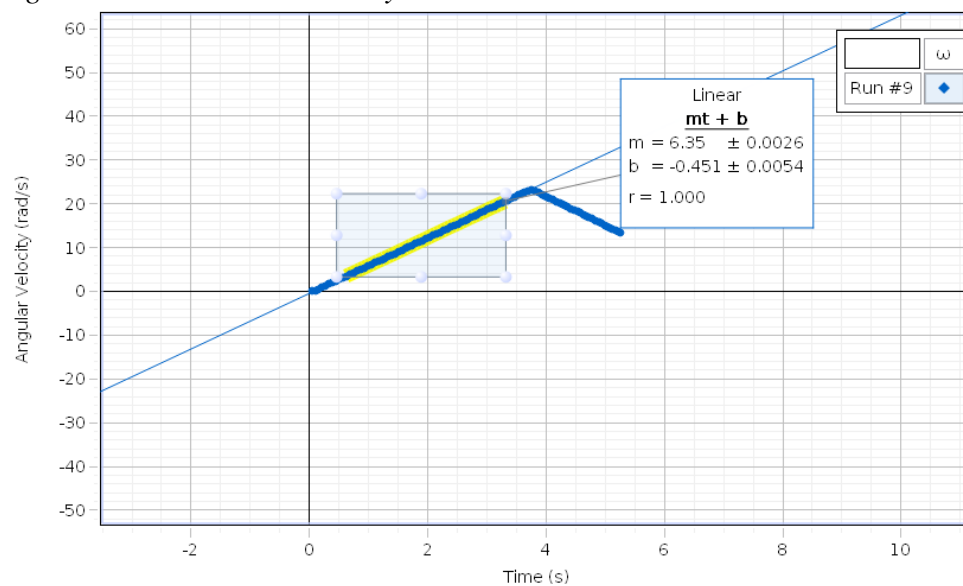


Intento 5 Disco

Fuente: Programa PASCO Capstone

Gráficas con disco y cilindro hueco:

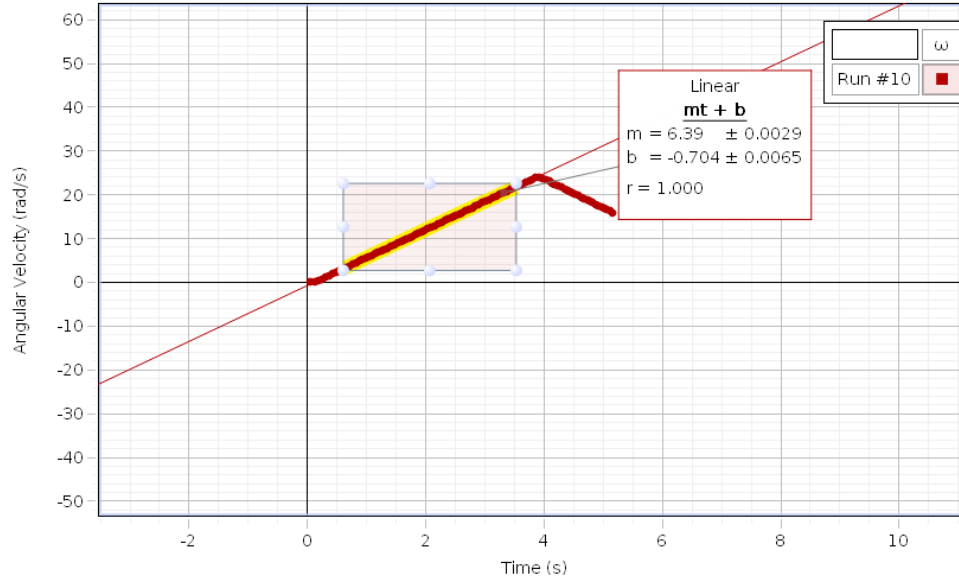
Figura 8. Intento 1 con Disco y Cilindro hueco



Intento 1 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

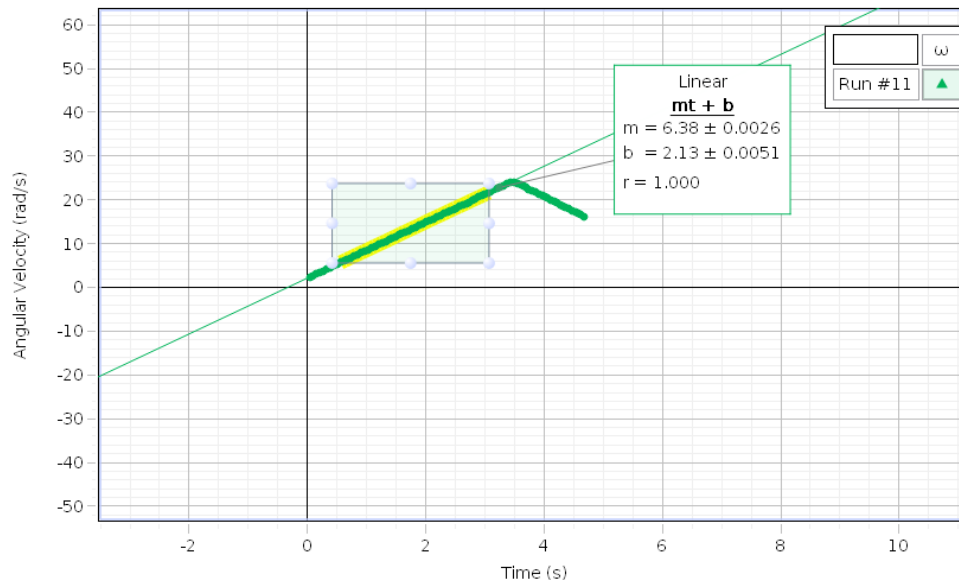
Figura 9. Intento 2 con Disco y Cilindro hueco



Intento 2 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

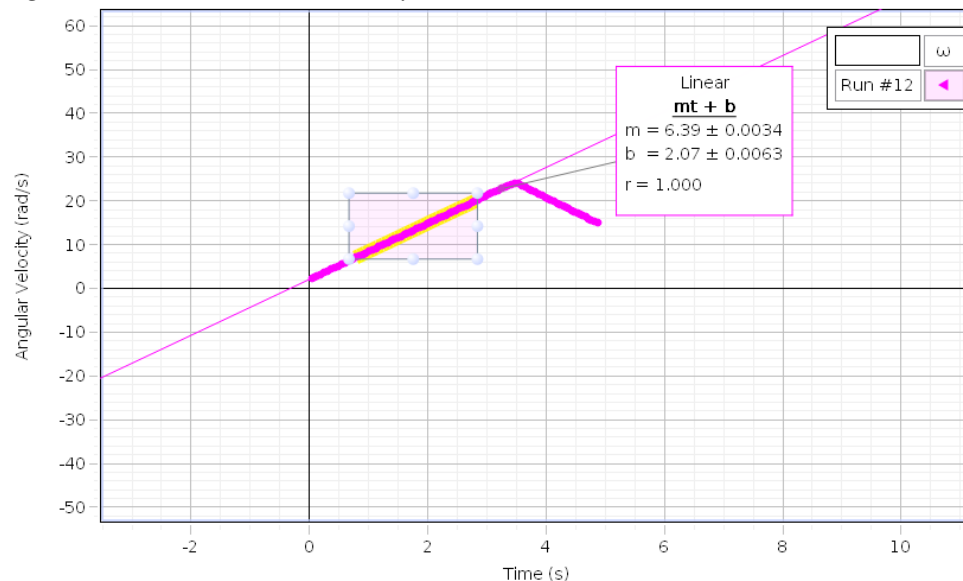
Figura 10. Intento 3 con Disco y Cilindro hueco



Intento 3 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

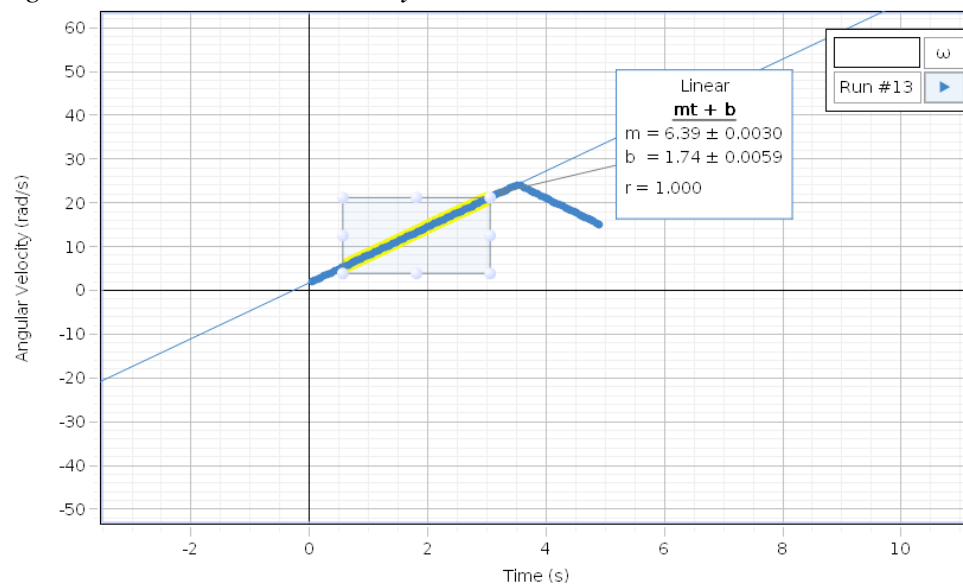
Figura 11. Intento 4 con Disco y Cilindro hueco



Intento 4 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

Figura 12. Intento 5 con Disco y Cilindro hueco



Intento 5 Disco+Cilindro

Fuente: Programa PASCO Capstone

Lista de Materiales:

1. Powerlink
2. Barras metálicas
3. Prensa
4. Conectores
5. Base
6. Accesorios rotacionales (disco y cilindro)
7. Masas
8. Sensor de movimiento rotacional
9. Balanza
10. Pie de rey
11. Hilo
12. Tijeras

Cálculos

Disco:

Momento de inercia rotacional teórico:

$$I_d = \frac{1}{2}MR^2$$

$$I_d = \frac{1}{2}(0.1209 \text{ kg})(0.0465 \text{ m})^2 = (0.000130 \pm 0.000000176) \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Momento de inercia rotacional experimental:

Aceleración lineal

$$a = r\alpha$$

$$a = (0.01435 \text{ m}) \left(19.00 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) = 0.27265 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Tensión de la cuerda

$$\sum F = m(g - a)$$

$$\sum F = 0.02(9.8 - 0.27265) = 0.190547 \text{ N}$$

Momento de torque

$$\tau = rF$$

$$\tau = 0.01435 \text{ m} \cdot 0.190547 \text{ N} = 0.002734349 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Momento de inercia rotacional

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$

$$I = \frac{0.002734349 \text{ N} \cdot \text{m}}{19.00 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}} = (0.000144 \pm 0.000002274) \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Error porcentual:

$$\text{Error} = \left| \frac{0.000131 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 - 0.000144 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{0.000131 \text{ kg} \cdot \text{m}^2} \right| (100) = 10.10\%$$

Disco y Cilindro Hueco

Momento de inercia rotacional teórico:

$$I_{cd} = 0.000381kg \cdot m^2 + 0.000130kg \cdot m^2 = 0.000512 \pm 0.000000562kg \cdot m^2$$

Momento de inercia rotacional experimental:

Aceleración lineal

$$a = r\alpha$$

$$a = (0.01435 \text{ m}) \left(6.38 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) = 0.091553 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Tensión de la cuerda

$$\sum F = m(g - a)$$

$$\sum F = 0.03(9.8 - 0.091553) = 0.29125341 \text{ N}$$

Momento de torque

$$\tau = rF$$

$$\tau = 0.01435m \cdot 0.29125341N = 0.004179486 \text{ N} \cdot m$$

Momento de inercia rotacional

$$I = \frac{\tau}{\alpha}$$

$$I = \frac{0.004179486N \cdot m}{6.38 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}} = (0.000655 \pm 0.00000299) kg \cdot m^2$$

Error Porcentual

$$Error = \left| \frac{0.000512kg \cdot m^2 - 0.000655kg \cdot m^2}{0.000512kg \cdot m^2} \right| (100) = 27.84\%$$

Cilindro hueco

Momento de inercia rotacional teórico-cilindro hueco:

$$I_c = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$$

$$I_c = \frac{1}{2} 0.466 kg ((0.0185 m)^2 + (0.036 m)^2) = (0.000381 \pm 0.000381712) kg \cdot m^2$$

Momento de inercia rotacional experimental-cilindro hueco:

$$I_c = 0.000655 kg \cdot m^2 - 0.000144 kg \cdot m^2 = \overset{I_c = I_{cd} - I_d}{=} (0.000511 \pm 0.000002760) kg \cdot m^2$$

Error Porcentual

$$Error = \left| \frac{0.0003817 kg \cdot m^2 - 0.000511 kg \cdot m^2}{0.0003817 kg \cdot m^2} \right| (100) = 33.92\%$$