PRÁCTICA DE LABORATORIO
MÁQUINA DE ATWOOD CON POLEA

OBJETIVO
Medir de manera indirecta la aceleración de la gravedad en el laboratorio.

SISTEMA EXPERIMENTAL
Materiales requeridos.
- Prensa universal + varilla + nuez.
- Cuerda liviana y resistente de 1m.
- Balanza
- Portapesas + pesas.
- Cinta métrica o flexómetro
- Cronómetro de Laboratorio (CronoLab) + Polea
- Celular con SO Android para instalar aplicación CronoLab (estudiante)
- Computador con Excel (estudiante).

Montaje Experimental.
El sistema experimental se muestra en el esquema de la figura 2.

Figura 2: Esquema ilustrativo del montaje experimental y sus principales elementos.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS
Un sistema mecánico sometido a una fuerza constante se mueve con aceleración constante. Si el sistema está inicialmente en reposo en el origen, las ecuaciones de movimiento son:

$$v = at, \tag{1}$$

$$x = \frac{1}{2}at^2, \qquad (2)$$

donde ***v***, ***a*** y ***x*** son la velocidad, la aceleración y la posición del sistema; ***t*** es el tiempo. Ahora vamos a encontrar la aceleración del sistema.

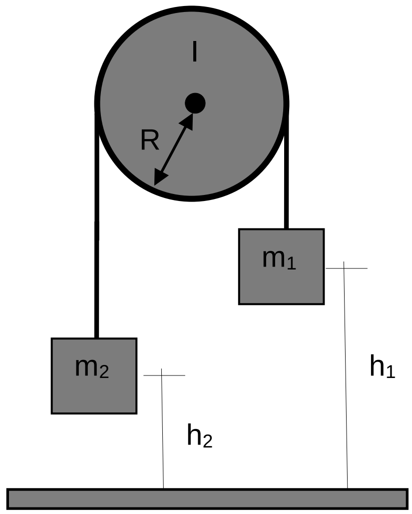


Figura 3. Máquina de Atwood

La figura 3 muestra el diagrama de la máquina: dos masas $\boldsymbol{m_1}$ y $\boldsymbol{m_2}$, unidas por una cuerda inextensible y ligera, cuelgan de una polea de momento de inercia I y radio R. La aceleración del sistema, ignorando las fuerzas de fricción, se puede calcular por consideraciones de energía. Sean, en un instante dado:

- $\boldsymbol{h_1}$ y $\boldsymbol{h_2}$: las alturas de las masas respecto a un nivel de referencia;
- $\boldsymbol{v}$**:** la rapidez de las masas;
- $\boldsymbol{\omega}$**:** la velocidad angular de rotación de la polea.

La energía mecánica total del sistema, la suma de las energías cinética y potencial, es:

$$E = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + g(m_1h_1 + m_2h_2)$$

Ignorando el efecto disipativo de la fricción en los rodamientos, hay conservación de la energía mecánica, esto es $dE/dt = 0$. Derivando con respecto al tiempo e igualando a cero:

$$\frac{dE}{dt} = (m_1 + m_2)v\frac{dv}{dt} + I\omega\frac{d\omega}{dt} + g\left(m_1\frac{dh_1}{dt} + m_2\frac{dh_2}{dt}\right) = 0$$

Como $a = \frac{dv}{dt}$, $\omega = \frac{v}{R}$, $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$, $\text{Con } m_1 > m_2 \rightarrow \frac{dh_2}{dt} = v = -\frac{dh_1}{dt}$,
se obtiene la ecuación de movimiento:

$$\left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}\right)a + g(-m_1 + m_2) = 0,$$

que da para la aceleración del sistema:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}} g \qquad (3)$$

Considerando la polea como un disco uniforme tenemos que $I = \frac{1}{2} m_{polea} R^2$. De esta forma,

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{m_{polea}}{2}} g \qquad (4)$$

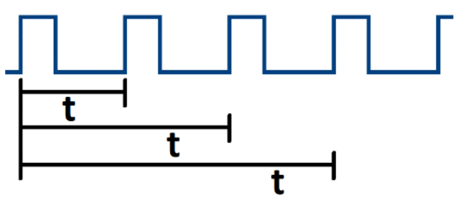
En el caso particular de despreciar la masa de la polea, la aceleración es:

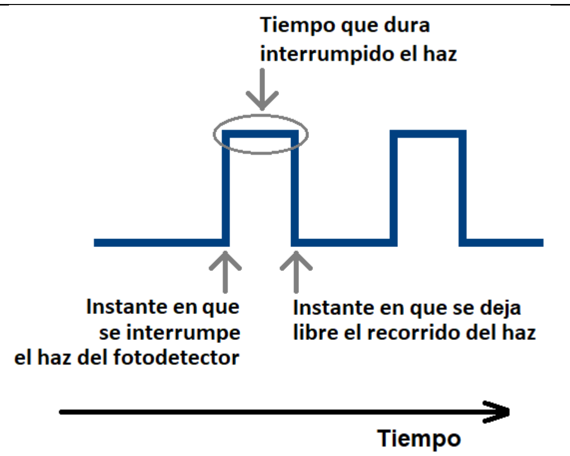
$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \qquad (5)$$

PROCEDIMIENTO

- Tome para la masa de la polea el valor de 10g. El radio de la polea por donde pasa la cuerda es 24.5mm y el ángulo en radianes entre agujeros por donde pasa la luz laser es 2π/18. Esto permite calcular la longitud de arco como $s = \mathrm{R}\theta$, equivalente al desplazamiento lineal.
- Con los portapesas sin pesas, el sistema no debe acelerar. Para la primera medida agregue una masa aproximada entre 8g a 10g al portapesas $\boldsymbol{m_1}$ para que se cumpla que $\boldsymbol{m_1} > \boldsymbol{m_2}$. Mida en la balanza los valores de $\boldsymbol{m_1}$ y $\boldsymbol{m_2}$ y registre.
- Programe el número de registros (memorias) del cronómetro en 70 y el modo de medición como se indica en la figura.

El modo de medición para determinar la aceleración:





- Ubique la masa $\boldsymbol{m_1}$ en la posición inicial, manténgala quieta y asegúrese que la luz láser pase a través de un agujero. Luego, presione medir y suelte la masa teniendo cuidado en detenerla antes de que golpee la mesa. Lleve los datos registrados a la tabla en la hoja electrónica. Verifique la siguiente sección de **ANÁLISIS** y ***obtenga el valor de la gravedad antes de continuar con las demás mediciones***.
- Repita el procedimiento anterior 5 veces, aumentando entre 4g a 5g aproximadamente el valor de $\boldsymbol{m_1}$ y dejando fijo $\boldsymbol{m_2}$. Verifique en tiempo real

que todas sus mediciones son correctas. De ser necesario, repita algunas mediciones.

- La distancia $\boldsymbol{x}$ recorrida por la masa se puede calcular como $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{ns}$, donde $\boldsymbol{n}$ representa el número de la medida registrada por el cronómetro y **s** es el arco de circunferencia de la polea entre agujeros. Es decir, en instante $\boldsymbol{t_1}$, la masa habrá recorrido una distancia $\boldsymbol{s}$; en $\boldsymbol{t_2}$ una distancia $2\boldsymbol{s}$; en $\boldsymbol{t_3}$ una distancia $3\boldsymbol{s}$ y así sucesivamente.

ANÁLISIS

- Es necesario utilizar una hoja de Excel para analizar la información.
- Determine la incertidumbre debida a la forma de obtener el valor de $\boldsymbol{x}$.
- Grafique $\boldsymbol{x}$ vs $\boldsymbol{t}$, para cada conjunto de valores obtenidos con una determinada combinación de masas y por medio de un ajuste y obtenga el valor de la aceleración $\boldsymbol{a}$ en cada caso.
- Registre en la tabla de la hoja electrónica los valores correspondientes al cálculo

$$\Phi = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{m_{polea}}{2}}$$

- Grafique $\boldsymbol{a}$ vs Φ. Realice un ajuste lineal y obtenga el valor de $\boldsymbol{g}$ y su dispersión.

Demuestre la ec. (3) a partir de consideraciones de dinámica newtoniana.

Tabla 1. Datos Máquina de Atwood con polea

Masa polea, m_p	
Radio de la Polea, R_p	

	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
m1	±	±	±	±	±
m2	±	±	±	±	±