

Máquina de Atwood

Objetivo

Estudiar el comportamiento dinámico del dispositivo conocido como 'Máquina de Atwood' formado por dos partículas unidas mediante una cuerda que pasa por una polea de masa despreciable. Verificar que se cumplen las leyes Newton.

Material

Soporte con polea, disparador electromagnético y cronómetro detector de paso (puerta fotoeléctrica), cuerda, 2 juegos de pesas, regla.

Fundamento teórico

La máquina de Atwood fue descrita en 1784 por George Atwood como un experimento de laboratorio para verificar las leyes mecánicas del movimiento de partículas sometidas a fuerzas constantes. El dispositivo consiste en una polea que tenga muy poco rozamiento en el eje y un momento de inercia muy pequeño. De ambos extremos de la cuerda se cuelgan dos masas m_1 y m_2 (figura 1). Si $m_1 = m_2$ el sistema estará en equilibrio mecánico, mientras que si en uno de los lados se añade una sobrecarga, el sistema se acelerará. Si la diferencia entre m_1 y m_2 es pequeña, la aceleración del sistema será también pequeña y se podrán medir fácilmente tiempos y posiciones de una de las dos masas con relativa facilidad. Se puede obtener la aceleración de las partículas a y la tensión de la cuerda T a partir de la segunda ley de Newton aplicada a cada partícula. En este caso hay que tener en cuenta que, aunque en el dispositivo experimental se ha intentado reducir al máximo los rozamientos en el eje de la polea, existe aún una pequeña fuerza de rozamiento F_r que se opone al movimiento y debemos tener presente en los cálculos.

Si consideramos que $m_1 > m_2$ y tomando positivo en el sentido en que baja m_1 y sube m_2 , la segunda ley de Newton aplicada a cada partícula queda:

$$\text{particula 1} \rightarrow m_1 g - T - F_r = m_1 a \quad (1)$$

$$\text{particula 2} \rightarrow T - m_2 g = m_2 a \quad (2)$$

La resolución de este sistema de ecuaciones nos permite determinar la tensión T en la cuerda así como la aceleración a , que vienen dadas por:

$$T = m_1(g - a) \quad (3)$$

$$a = \frac{g(m_1 - m_2) - F_r}{m_1 + m_2} \quad (4)$$

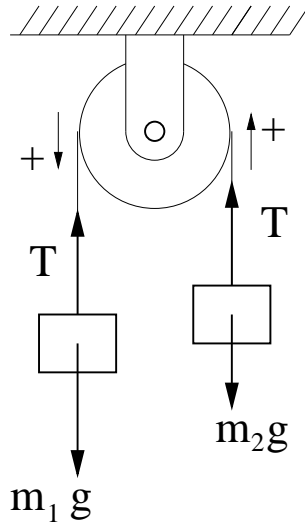


Figura 1: Máquina de Atwood

Como indica la ecuación (4), la aceleración del sistema es constante para unos valores de m_1 y m_2 dados, por lo que el movimiento de las masas vendrá descrito por las ecuaciones del MRUA:

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (5)$$

$$v = v_0 + at \quad (6)$$

Método experimental

Para el estudio de la máquina de Atwood disponemos de una barra soporte como muestra la figura 2. La fuerza de rozamiento que genera la polea en el eje (ecuación (1)) se ha estimado en $F_r=0.02\text{N}$.

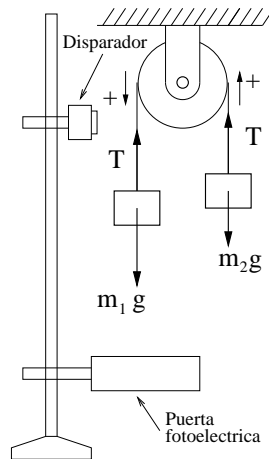


Figura 2: Dispositivo experimental

Monta el dispositivo mostrado en la figura colgando una masa $m=100\text{g}$ en cada extremo de la cuerda. Comprueba que el sistema permanece en este caso en equilibrio.

A continuación aumenta la masa m_1 en 20g para que las masas presenten aceleración.

Sitúa el disparador magnético en la posición más alta posible de la masa m_1 y mide con la regla graduada la distancia d que recorrerá esta masa desde la posición inicial hasta que atravesase el detector fotoeléctrico de la puerta.

Fija a continuación la masa m_1 en la posición inicial apretando el pulsador del disparador que activa el electroimán (ver figura 2). La masa permanecerá en esta posición hasta que se deje de presionar el pulsador, momento en el que se iniciará el movimiento y empezará a contar el tiempo hasta que la masa atravesase la puerta fotoeléctrica. Es necesario inicializar el contador de la puerta (botón 'reset') en cada medida, justo antes de soltar el botón del disparador (consulta con tu profesor la configuración correcta de la puerta si experimentas algún problema).

Mide el tiempo que tarda la masa m_1 en recorrer la distancia d . Repite la medida un mínimo de cuatro veces para detectar posibles errores accidentales. Verifica después de cada medida que la cuerda pasa correctamente por la polea, ya que puede salirse al chocar la masa m_1 contra la base.

Repite a continuación las medidas para 8 distancias diferentes bajando el disparador magnético de cinco en cinco centímetros.

Resultados

1. Anota el valor de las masas m_1 y m_2 .
2. Construye una tabla indicando los valores de t y t^2 obtenidos en cada distancia d . Calcula para cada caso la media de los tiempos y el error asociado a t .
3. Representa d en función de t y d en función de t^2 . Justifican estas gráficas la validez de la segunda ley de Newton. Razona tu respuesta.
4. Determina a partir de una regresión lineal la aceleración a y compara este valor con el valor teórico calculado a partir de la ecuación (4).
5. Determina a partir de la ecuación (4) y el valor experimental de a , la aceleración de la gravedad.

Cuestiones

1. Resuelve teóricamente el sistema de ecuaciones y deduce las expresiones (3) y (4)
2. Un ascensor con un contrapeso se aproxima a una máquina de Atwood ideal y de ese modo alivia al motor del ascensor en la tarea de aguantar la cabina de éste. Tiene que vencer sólo la diferencia entre el peso y la inercia de las dos masas. ¿Podrías indicar la masa del contrapeso que deberíamos situar en un ascensor cuya cabina tiene una masa de 800kg y está diseñado para subir o bajar a 4 personas de masa media 60kg?

Problemas

1^{er} Cuatrimestre

1. Un hombre se encuentra sobre una balanza dentro de un ascensor que sube con aceleración constante a . La escala de la balanza marca 960N. Al coger una caja de 20kg, la escala marca 1200N. Determinar:
 - a) La masa del hombre
 - b) La aceleración del ascensor
2. Una caja de 2kg se lanza hacia arriba, con velocidad inicial de 3m/s, por un plano inclinado con rozamiento. El plano forma un ángulo de 60° con la horizontal y el coeficiente de rozamiento cinético entre las superficies es $\mu=0.3$. Se pide:
 - a) ¿Qué distancia recorre la caja antes de detenerse momentáneamente?
 - b) ¿Cuál es la energía disipada por el rozamiento mientras la caja sube?
 - c) ¿Cuál es su velocidad cuando vuelve a la posición inicial?

Problemas

2^{do} Cuatrimestre

1. En el sistema mostrado en la figura, la cuerda es inextensible, las poleas no tienen masa apreciable y el plano tiene una inclinación de 45° con la horizontal y presenta rozamiento al deslizamiento. Calcular para este sistema: la aceleración de cada bloque, la tensión de la cuerda y el tiempo que tardará la masa C en recorrer la distancia d hasta el final del plano inclinado.

Datos numéricos: $m_A=10$ kg, $m_B=5$ kg, $m_C=2$ kg, $\mu=0.15$ y $d=50$ cm

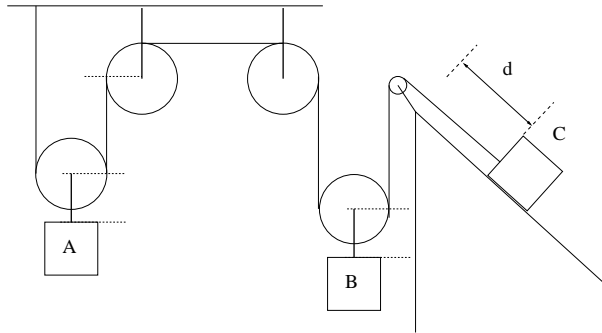


Figura 3: Problema 1

2. Un ingeniero tiene que diseñar una sección curva de carretera que cumpla las siguientes condiciones: con hielo sobre la carretera, cuando el coeficiente de rozamiento estático vale $\mu=0.08$, un coche en reposo no debe deslizarse hacia la cuneta, y un coche que circule a menos de 60 km/h no debe deslizarse hacia el exterior de la curva. ¿Cuál debe ser el radio mínimo de curvatura de la curva y el ángulo de peralte de la carretera?