

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Física

LABORATORIO DE FÍSICA I

L5. SEGUNDA LEY DE NEWTON

INTRODUCCIÓN

No hay nada obvio acerca de las relaciones que gobiernan el movimiento de los cuerpos. En efecto, tomó alrededor de 4000 años de civilización para crear las bases necesarias, con las cuales gracias a la aparición en escena del genio de Newton se pudo formular las leyes fundamentales de la mecánica clásica.

OBJETIVO

Determinar experimentalmente la segunda ley de Newton examinando el movimiento de un deslizador en un riel de aire bajo la influencia de una fuerza constante.

EQUIPO

Sistema carril de aire: riel, bomba, registrador de tiempo, 2 foto-celdas, cables, aleta, 3 parachoques, deslizador, agarradera, aleta para balancear, porta-pesas de 2g, pesas 2, 5, 10 y (2) de 1g, 4 pesas de 50 gramos.

MARCO TEÓRICO

Leyes del movimiento formuladas por Newton

La **primera ley** del movimiento formulada por Newton o **ley de inercia**, establece que:

una partícula libre se mueve siempre con velocidad constante, o (lo que es lo mismo) sin aceleración.

Esto significa que una partícula libre se mueve en línea recta con una velocidad constante o se encuentra en reposo (velocidad cero).

El **Momentum lineal** de una partícula se define como el producto de su masa por su velocidad, se tiene

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

El Momentum lineal es una cantidad vectorial, y tiene la misma dirección de la velocidad. Es un concepto físico de mucha importancia porque combina los dos elementos que caracterizan el estado dinámico de una partícula: su masa y su velocidad.

Se puede ahora expresar de otra manera la ley de inercia:

una partícula libre siempre se mueve con Momentum lineal constante en relación con un sistema inercial de referencia.

En muchos casos se observa el movimiento de solamente una partícula, ya sea porque no hay manera de observar las otras partículas con las cuales interactúa o porque se ignoran a propósito. Para lo cual se introduce el concepto de **fuerza**. La teoría matemática correspondiente se denomina *dinámica de una partícula*.

El cambio de Momentum de una partícula se debe a sus interacciones con otras partículas. Cuantitativamente se expresan con el concepto de **fuerza**, esto es, la fuerza como una cantidad dinámica relacionada con la tasa de cambio de Momentum mediante la expresión

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (2)$$

Esta relación es la **segunda ley de movimiento de Newton**:

La tasa de cambio de Momentum de una partícula con respecto al tiempo es igual a la fuerza actúa sobre la partícula.

Relación entre fuerza y aceleración

De la definición del Momentum (1), se puede escribir la ec. (2) como

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}, \text{ si } m \text{ es constante.} \quad (3)$$

Se puede expresar la ec. (3) en palabras como:

La fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración, si la masa es constante.

Ésta es otra versión de la segunda ley del movimiento, formulada por Newton, pero es más restrictiva debido a la suposición de que la masa permanece constante. Nótese que en este caso la fuerza tiene la misma dirección que la aceleración (ver Figura 1).

Si la partícula es libre, de acuerdo con la segunda ley de Newton,

$$\vec{p} = \text{const.} \quad \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = 0$$

En consecuencia, se puede decir que sobre una partícula libre no actúa ninguna fuerza resultante. En este caso, el Momentum es constante, lo que significa que la partícula está en reposo o se mueve con velocidad constante con respecto a cualquier sistema inercial de referencia, primera ley de Newton.

Principio de conservación del Momentum

Considerando dos partículas m_1 y m_2 que están sujetas solamente a su interacción mutua y se encuentran por otro lado aisladas del resto del universo (ver Figura 2),

$$\Delta\vec{p}_1 = \vec{p}'_1 - \vec{p}_1 = \vec{p}_2 - \vec{p}'_2 = -\Delta\vec{p}_2 \quad (4)$$

una interacción produce un intercambio de Momentum

Por tanto, se puede escribir $\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

el Momentum total de un sistema compuesto de dos partículas que están sujetas solamente a su interacción mutua permanece constante.

Este resultado constituye el **principio de la conservación del Momentum**, uno de los principios fundamentales y universales de la física. Es válido para cualquier número de partículas que formen un sistema aislado, es decir que estén sujetas sólo a sus propias interacciones mutuas y no a otras fuera del sistema. Por ello, el principio de la conservación del Momentum en su forma general dice:

el Momentum total de un sistema aislado de partículas es constante.

La ecuación (4) relaciona el cambio en el Momentum de las partículas 1 y 2 durante el intervalo de tiempo $\Delta t = t' - t$. Dividiendo ambos lados de esta ecuación entre Δt , se puede escribir

$$\frac{\Delta\vec{p}_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta\vec{p}_2}{\Delta t}$$

e indica que las variaciones promedio con respecto al tiempo del Momentum de las partículas en un intervalo Δt son iguales en magnitud y opuestas en dirección. Si se hace Δt muy pequeño, es decir, si se halla el límite de la ecuación anterior cuando $\Delta t \rightarrow 0$ se obtiene

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} = -\frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad (5)$$

de modo que las variaciones (vectoriales) instantáneas del Momentum de las partículas, en cualquier instante t , son iguales y opuestas. Mediante el concepto de fuerza se puede escribir la ecuación (5)

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (6)$$

Donde F_1 es la fuerza que actúa sobre la partícula 1 debido a su interacción con la 2 y F_2 es la fuerza ejercida sobre la partícula 2 debido a su interacción con la 1. Por tanto, cuando dos partículas interactúan, la fuerza sobre la primera, ejercida por la segunda, es igual y opuesta a la fuerza sobre la segunda ejercida por la primera.

Esta es la **tercera ley del movimiento de Newton**, formulada por Newton, consecuencia de la segunda ley de Newton y el principio de conservación del Momentum. Se le denomina algunas veces como la **ley de acción y reacción** (Figura 3).

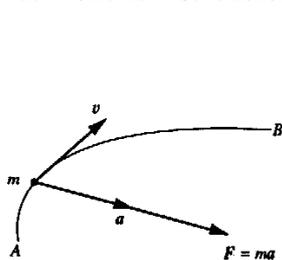


Figura 1

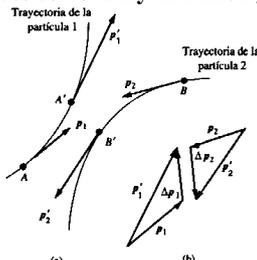


Figura 2

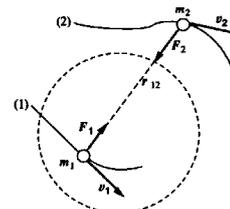


Figura 3

La segunda ley de Newton gobierna la dinámica de traslación de los cuerpos. En el caso en que la masa del cuerpo permanezca constante durante el movimiento, la ley se escribe matemáticamente como, $F = ma$

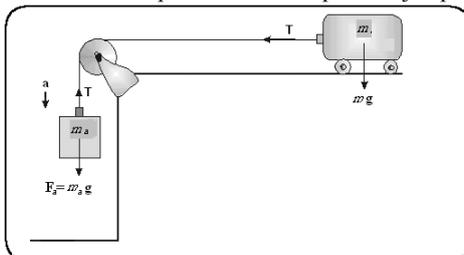
La ley expresa entonces que, para imprimir a un cuerpo de masa m una cierta aceleración, a , se le debe aplicar una determinada fuerza F . La masa es una medida de la inercia del cuerpo, es decir, de la oposición que este presenta a ser acelerado. Mientras mayor masa tenga el cuerpo, mayor debe ser la fuerza aplicada para imprimirle una determinada aceleración. En el experimento siguiente se aplica una fuerza constante al deslizador sobre el riel de aire mediante la acción de una masa colgante como muestra la figura 1. Variando la masa colgante y la masa del deslizador, y midiendo la aceleración del deslizador, usted será capaz de determinar la segunda ley de Newton.

TEMAS DE CONSULTA

- ✓ Relación entre fuerza y aceleración
- ✓ Para el esquema mostrado en la figura deduzca el valor de la aceleración en función de la masa de cada uno de los bloques y la aceleración de la gravedad (Encuentre analíticamente: a en función de m , m_a y g .)

$$a = \frac{m_a g}{m + m_a} = \frac{F_a}{m + m_a}$$

- ✓ Encuentre como varía el inverso de la aceleración con respecto a la fuerza para el ejemplo anterior.



BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Serway Raymond, "Física" Editorial: McGraw-Hill, Cuarta edición (o superiores), México D.F., 1997, Vol.1
- Finn A., Física Vol I: Mecánica, México, 1985.
- Resnick, Halliday, Krane, "Física" Editorial: CECSA, Cuarta edición, México D.F., 1998, 710 P.p. Volumen 1
- Sears, Zemansky, Young, Freedman, "Física Universitaria", Undécima edición, Volumen 1. México 2005.

PROCEDIMIENTO

1. Coloque el riel de aire como se muestra en la figura. Nivelélo muy cuidadosamente ajustando la pista de aire nivelando las patas de apoyo. Un deslizador debe colocarse en la pista sin aceleración en cualquier dirección. Puede haber un cierto movimiento pequeño del deslizador debido al flujo de aire desigual debajo del mismo, pero no debe acelerar constantemente en cualquier dirección.

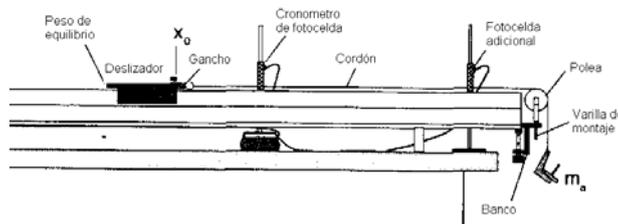


Figura 1: Esquema del montaje

2. Mida la longitud efectiva del deslizador, y registre este valor como L en la tabla 1.
3. Monte el gancho en el agujero que tiene el deslizador. Para balancear su peso, agregue una aleta de peso similar en el extremo opuesto según se muestra en la figura.
4. Agregue masas al deslizador como lo indique el profesor. Determine la masa total del deslizador con las masas agregadas y regístrela como m en la tabla 1.
5. Coloque masas sobre el porta-pesas colgante de acuerdo a las instrucciones dadas por el profesor. Registre la masa total (porta-pesas más la masa agregada) como m_a .
6. Coloque la foto-celda temporizadora en el modo GATE.
7. Escoja un punto de partida x_0 para el deslizador, cerca del extremo de la pista. Marque este punto con un lápiz de modo que usted pueda iniciar siempre el deslizador desde este mismo punto.
8. Presione el botón RESET.
9. Mantenga el deslizador estático en el punto x_0 , luego libérela. Tome t_1 , el tiempo que toma el deslizador en pasar a través de la primer foto-celda, y t_2 , el tiempo que toma el deslizador en pasar a través de la segunda foto-celda. Repita esta medida cuatro veces. (Puede utilizar la función de memoria para medir los dos tiempos. Si no, alguien necesitará mirar el contador de tiempo durante el experimento y registrar rápidamente t_1 , antes de que el deslizador alcance la segunda foto-celda. Registre sus datos en la tabla 1.

- Coloque la foto-celda en el modo PULSE.
- Presione el botón RE SET.
- Nuevamente libere el deslizador desde x_0 . Esta vez mida el tiempo t_3 que tarda el deslizador en pasar entre las dos foto-celdas. Repita esta medida cuatro veces y registre en la tabla 1.
- Cambie la masa m del deslizador y repita los pasos anteriores hasta completar cinco tomas de datos.
- Tome ahora un valor fijo en la masa m del deslizador y varíe la masa en la porta pesas (m_a) hasta completar cinco tomas de datos y repitiendo los pasos 1-12 pero esta vez registre sus datos en la tabla 2.
- Coloque la foto-celda en el modo PULSE.
- Presione el botón RE SET.
- Nuevamente libere el deslizador desde x_0 . Esta vez mida el tiempo que tarda el deslizador en pasar entre las dos foto-celdas. Repita esta medida cuatro veces y registre en la tabla 1.
- Cambie la masa del deslizador y repita los pasos anteriores hasta completar cinco series de datos.
- Tome ahora un valor fijo en la masa del deslizador y varíe la masa en la porta pesas (m_a) hasta completar cinco series de datos y repitiendo los pasos 1-12 pero esta vez registre sus datos en la tabla 2.

DATOS Y CÁLCULOS

Para cada conjunto de condiciones experimentales:

- Use la longitud del deslizador L y sus tiempos promedios para determinar v_1 y v_2 , las velocidades del deslizador al pasar por cada una de las foto-celdas.
- Use la ecuación $a = (v_2 - v_1)/t_3$ para determinar la aceleración promedio del deslizador al recorrer la distancia entre las dos foto-celdas.
- Determine F_a , la fuerza aplicada al deslizador por las masas colgantes ($F_a = m_a g$; $g = 9.8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ cm/s}^2$).
- Complete las siguientes tablas:

Longitud efectiva del deslizador (L): _____

Tabla 1a) Datos (fuerza constante)

Masa colgante incluyendo la masa del porta pesas (m_a): _____ $F_a = m_a g =$ _____

Masa m del Deslizador [g]	Tiempo al Sensor 1: t_1 [s]				Tiempo al Sensor 2: t_2 [s]				Tiempo entre Sensores t_3 [s]			
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4

Tabla 1 b) de Cálculos.

\bar{t}_1 [s]	\bar{t}_2 [s]	\bar{t}_3 [s]	v_1 [cm/s]	v_2 [cm/s]	v_3 [cm/s]	a [cm/s ²]	$1/a$ [s ² /cm]	m [g]

Tabla 2 a)

Masa del cuerpo deslizando (m): _____

Masa colgante m_a [g]	Tiempo al Sensor 1: t_1 [s]				Tiempo al Sensor 2: t_2 [s]				Tiempo entre Sensores t_3 [s]			
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4

Tabla 2 b) Cálculos

\bar{t}_1 [s]	\bar{t}_2 [s]	\bar{t}_3 [s]	v_1 [cm/s]	v_2 [cm/s]	v_3 [cm/s]	a [cm/s ²]	F_a [Dinas]	$1/a$ [s ² /cm]	$1/F_a$ [1/Dinas]

ANÁLISIS

- Con los datos de la tabla 1b) haga una gráfica mostrando $1/a$ como una función de la masa m para el caso de F_a constante.
- Con los datos de la tabla 2b) haga una gráfica mostrando $1/a$ como una función de $1/F_a$ para el caso de F_a variable.
- Examine sus gráficas cuidadosamente. Son estas gráficas líneas rectas? Extrapolé y use estas gráficas y regresión lineal, para determinar la relación entre la fuerza aplicada, la masa y la aceleración promedio del deslizador.
- Discuta sus resultados. En este experimento, se midió solamente la aceleración promedio del deslizador entre las dos foto-celdas. Tiene razones para creer que los resultados también serían ciertos en el caso en que la aceleración fuera la instantánea? Explique. ¿Qué otros experimentos pudieran ayudar a ampliar sus resultados para incluir la aceleración instantánea?
- Calcule el valor teórico de la pendiente en cada caso y compare estos con los datos obtenidos en las regresiones.
- Registre todos sus cálculos en una tabla junto con sus respectivos errores de medición.**

OBSERVACIONES

CONCLUSIONES.

TABLA PARA LA TOMA DE DATOS (sugerida)

L5 . Segunda Ley de Newton

fecha: _____ grupo _____ subgrupo _____ estudiantes _____

Instrumento de medición 1 _____ sensibilidad _____

Instrumento de medición 2 _____ sensibilidad _____

Longitud efectiva del deslizador (L): _____

Tabla 1 (fuerza constante F_a)

Masa colgante incluyendo la masa del porta pesas (m_a) _____

Masa m del Deslizador [g]	Tiempo al Sensor 1: t_1 [s]				Tiempo al Sensor 2: t_2 [s]				Tiempo entre Sensores t_3 [s]			
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4

Tabla 2

Masa del cuerpo deslizando (m) constante: _____

Masa colgante m_a [g]	Tiempo al Sensor 1: t_1 [s]				Tiempo al Sensor 2: t_2 [s]				Tiempo entre Sensores t_3 [s]			
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4

OBSERVACIONES

Vo Bo Profesor (firma)