Guía de Laboratorio de Física Mecánica. ITM, Institución universitaria.

Práctica 10. Colisiones.

Implementos

Pista curva, soporte vertical, cinta métrica, esferas metálicas, plomada, dispositivo óptico digital, varilla corta, nuez, marcador borrable, computador.

Objetivos

Verificar la conservación del momento lineal y de la energía cinética en colisiones elásticas.

Teoría

En un sistema mecánico conservativo no se consideran fuerzas como la fricción, que van disipando la energía del sistema. Además, en estos sistemas, la energía mecánica se conserva entre dos puntos cualesquiera.

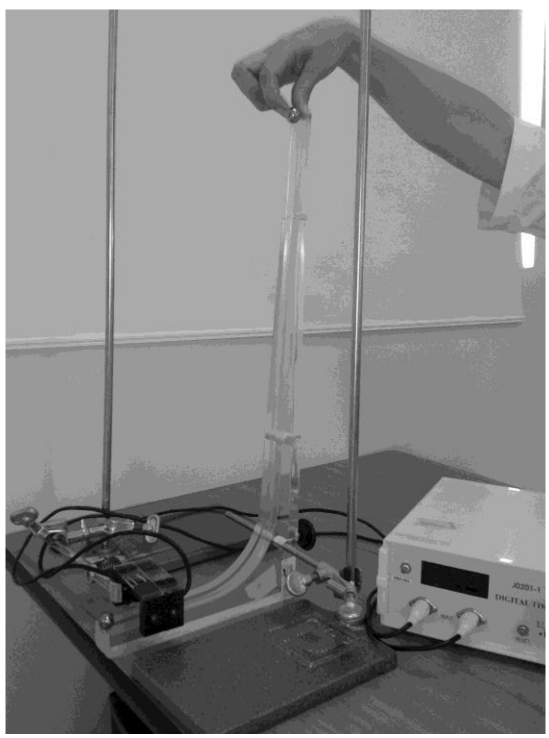


Figura 1. Montaje.

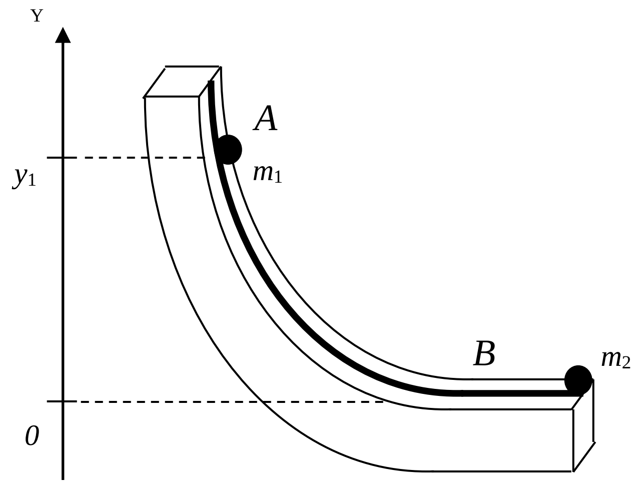
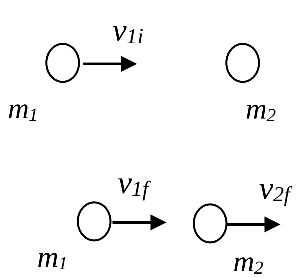


Figura 2. Plano curvo.

En nuestro sistema vamos a considerar una pista curva por la cual se deja caer rodando una esfera metálica de masa m_1, como se ve en la figura 1. Al llegar a la parte plana inferior de la pista curva la esfera de masa m_1 ha pasado del punto A al punto B (ver aclaración en la figura 2). Es necesario establecer el punto de referencia *0* para medir desde allí la altura *y* que determina la energía potencial gravitacional, la cual mediremos como positiva hacia arriba desde el punto *0* a la altura de la parte inferior del plano curvo (vea el detalle en la figura 2). En el punto A, la esfera tiene sólo energía potencial gravitacional, mientras que en el punto B, la energía es puramente cinética. La conservación de la energía mecánica entre A y B para la esfera de masa m_1 establece que

$$m_1 g y_1 = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 \qquad (1)$$

De donde se puede calcular, en una primera aproximación, la velocidad v_B con la que la esfera de masa m_1 llegará a colisionar con la esfera de masa m_2, la cual se encuentra en reposo en el extremo de la parte plana inferior del plano curvo. Vamos a considerar que la colisión es elástica, es decir que se conserva la energía cinética. Las situaciones antes y después de la colisión se ilustran en la figura 3.



Antes de colisionar, m_2 está en reposo y m_1 se acerca con velocidad v_{1i}

Después de colisionar, m_1 y m_2 se suponen por simplicidad moviéndose a la derecha

Figura 3. Antes y después de colisionar.

Donde es claro que la velocidad v_{1i} es la misma v_B mencionada anteriormente. La conservación de la energía cinética en la colisión se expresa mediante la ecuación

$$\frac{1}{2}m_1 v_{1i}^2 = \frac{1}{2}m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2f}^2 \qquad (2)$$

La cual se puede reorganizar como

$$m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1i} + v_{1f}) = m_2 v_{2f}^2 \qquad (3)$$

Además de la conservación de la energía cinética también se conserva el momento lineal, por lo cual se cumple la ecuación

$$m_1 v_{1i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \qquad (4)$$

Al reorganizar esta ecuación obtenemos

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2 v_{2f} \qquad (5)$$

Al sustituir la ecuación 5 en la 3, se obtiene la siguiente relación para las velocidades

$$v_{2f} = v_{1i} + v_{1f} \qquad (6)$$

A partir de la ecuación 6 y de la ecuación 4 se llega a las velocidades finales para cada una de las esferas

$$v_{1f} = v_{1i}\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) \qquad (7)$$

$$v_{2f} = v_{1i}\left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) \qquad (8)$$

Las ecuaciones 7 y 8 están dadas en función de las masas y de la velocidad inicial del cuerpo 1: v_{1i} o v_B, la cual como ya hemos dicho, podría ser deducida de la ecuación 1 en términos de g y de y_1. Sin embargo, esta deducción de la velocidad correspondería al problema de una partícula puntual y no a una esfera como la que realmente estamos usando, por esta razón esta aproximación no se usará en la práctica sino que se tomará una medida del tiempo y de distancia, para la esfera que se deja caer, cuando llega a la parte horizontal de la pista, y se asumirá que la velocidad es constante en este tramo. Las masas pueden ser medidas con anterioridad al experimento, por lo cual se usará la ecuación 8 para determinar la velocidad teórica de la esfera 2 después de la colisión. Note que si las masas son iguales, la ecuación 7 nos dice que la velocidad final de la esfera de masa m_1 será cero.

Finalmente, la esfera 2, que se encontraba justo en el borde de la pista, sale disparada después de la colisión con una velocidad horizontal v_{2f}. A partir de ese momento la esfera 2 queda en movimiento parabólico o semiparabólico en este caso, como se ilustra en la figura 4.

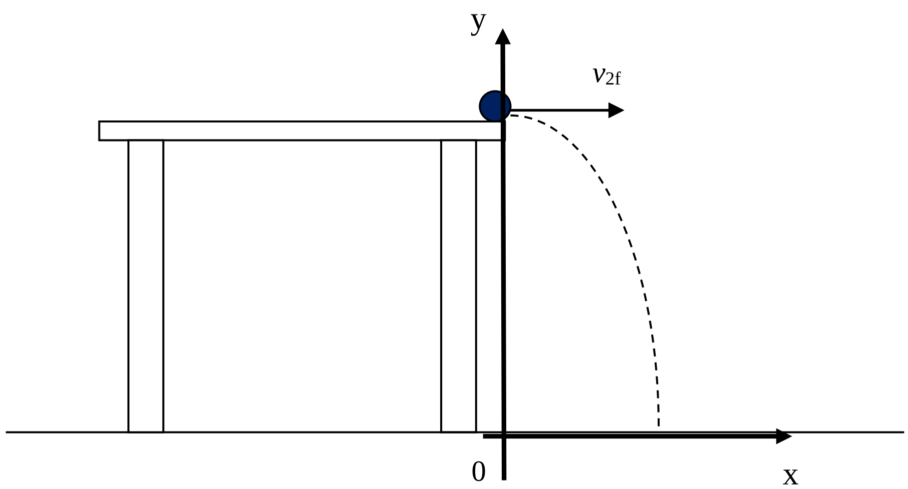


Figura 4. Movimiento semiparabólico de la esfera 2.

Para el problema semiparabólico se sabe que la velocidad inicial de la esfera sólo tiene componente en dirección horizontal. Según la figura 4, también es posible conocer o medir la altura inicial y_0 desde la que sale disparada horizontalmente la esfera, así como la distancia horizontal x recorrida. Las ecuaciones cinemáticas para este movimiento semiparabólico son:

$$x = v_{2f}\,t \qquad (9)$$

$$0 = y_0 - \frac{1}{2} g t^2 \qquad (10)$$

Al despejar el tiempo de la ecuación 9 y reemplazarlo en la ecuación 10, se obtiene una expresión para la velocidad de salida de la esfera 2 de la mesa, v_{2f}. Recuerde que el índice en esta velocidad corresponde a la velocidad final de la colisión, pero a su vez es la misma velocidad inicial del movimiento semiparabólico. En esta expresión se encuentra la velocidad en términos de la distancia x recorrida horizontalmente y de la altura inicial y_0.

Procedimiento e Informe:

1. Realice el montaje experimental ilustrado en la figura 1. Ponga el registrador digital de tiempo en modo S2 y en la menor escala de tiempo. Use la plomada para señalar el punto *0'* que se encuentra exactamente en el piso debajo de la masa m_2 antes de la colisión (vea el esquema ilustrado en la figura 5). Mida la diferencia de alturas Δh sobre la mesa, que recorrerá m_1 al caer por la pista curva. Anote este dato en la tabla 1, junto con las medidas de las masas de las esferas. En caso de que no se pueda escoger una par de masas iguales, tome $m_1 < m_2$.

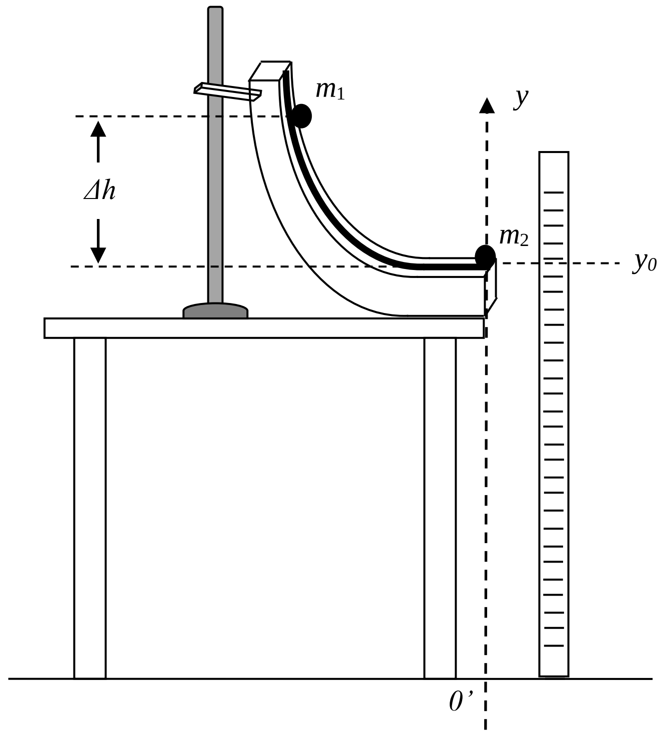


Figure 5. Montaje experimental

2. Tome la medida de la altura y_0 correspondiente al movimiento parabólico y consígnela en la tabla 1. Tome la medida de la distancia b entre los dos fotosensores y consígnela en la tabla 1 (vea el detalle en la figura 6). Esta distancia se usará para calcular la velocidad de la masa m_1 en el punto B antes de la colisión (v_B), para lo cual se tomará el tiempo Δt como el promedio de todas las medidas hechas. Deje caer la masa m_1 desde el reposo (y desde una posición fija previamente escogida) hasta que colisione con la segunda masa y tome la medida del tiempo Δt y de la distancia horizontal correspondiente al movimiento parabólico de la esfera 2 en el piso. Repita la colisión doce veces registrando las medidas de tiempo Δt y de la distancia horizontal x en la tabla 2, recuerde resetear el aparato después de cada medida. Los valores de tiempo Δt y distancia x que van en las columnas 2 y 8 de la tabla 1, son los promedios respectivos de la tabla 2, teniendo en cuenta la teoría de errores para una cantidad medida muchas veces en el caso del tiempo.

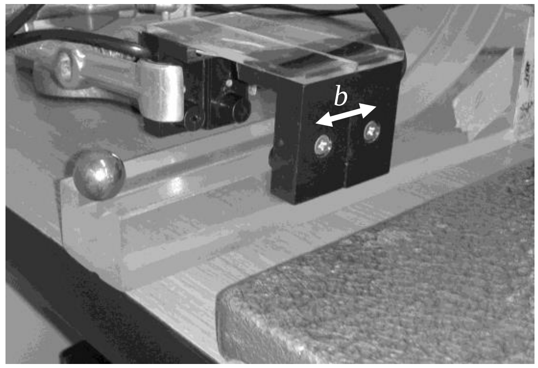


Figura 6. Detalle de los fotosensores.

$b(m)$	Δt(s)	$\Delta h(m)$	$m_1(g)$	$m_2(g)$	v_B(m/s)	$y_0(m)$	$x(m)$

Tabla 1.

Δt(s)												
$x(m)$												

Tabla 2.

3. Use las dos primeras columnas de la tabla 1 para determinar la velocidad v_B de la columna 6 de la tabla 1, este valor se usará para calcular la velocidad teórica v_{2f}. Usando la ecuación 8 determine la velocidad teórica v_{2f} teniendo en cuenta que la $v_{1i} = v_B$. Use las ecuaciones 9 y 10, los datos de la tabla 1 y el procedimiento sugerido en la parte teórica de la guía para determinar la velocidad experimental v_{2f} de la esfera 2. Consigne el valor de las velocidades en la tabla 3. Calcule el porcentaje de error del experimento y regístrelo en la tabla 3.

$v_{2f(teor)}$(m/s)	$v_{2f(exp)}$(m/s)	*%Error*

Tabla 3.

4. Repita la tabla 3, pero esta vez teniendo en cuenta la energía rotacional de la esfera de masa m_1 al llegar al final de su recorrido por el plano curvo, para lo cual se usará la siguiente ecuación: (Recuerde que debe usar el valor de la gravedad en Medellín.)

$$v_B = \sqrt{\frac{10}{7} g\Delta h}$$

1. Haga un análisis de la ecuación 7 y concluya cuales son las posibles direcciones de la velocidad final de la esfera 1 después de la colisión, según la comparación de las masas m_1 y m_2.
2. Escriba sus propias conclusiones de la práctica, así como las causas de error en los resultados.

Recuerde que el informe escrito de esta práctica debe hacerse en el formato de revista entregado por el docente: debe desarrollarse con todos los datos y operaciones correspondientes a cada numeral, relatorio detallado de todos los procesos, cálculos detallados de los valores pedidos en el desarrollo de la práctica, incluir causas de error y conclusiones.