



Prácticas de física experimental

Mecánica Clásica

- Dra. Yesenia Arredondo León
- Dr. Miguel Angel Cervantes Solano
- Dr. Daniele Colosi
- Dr. Luis Antonio Domínguez Ramírez
- Dr. Sinhué Amos Refugio Haro Corzo.
- Dr. Orlando Hernández Cristobal
- Dr. José Nuñez González
- Dr. Mario Rodríguez Martínez
- Dr. Carlos Salas Mier



3 de noviembre de 2017

Copyright © 2017

PUBLICADO POR UNAM

Primera edición, enero 2018



Índice general

0.1	Introducción	5
0.2	Agradecimientos	6
1	Importancia de la medición y el error	7
2	Introducción a la Medición	15
3	Incertidumbre y análisis del error	23
4	Movimiento relativo en una dirección	29
5	El significado de las Gráficas	37
6	Rapidez instantánea y promedio	43
7	Posición y velocidad	51
8	Velocidad y aceleración	59
9	Aceleración constante	69
10	Aceleración en un plano inclinado	77
11	Movimiento de un proyectil	85

12	Segunda ley de Newton	97
13	Coeficiente de fricción	105
14	Fuerza Centrípeta	113
15	Conservación de la energía	121
16	Las colisiones en 1D	127
17	Péndulo balístico	135
18	Segunda Ley de Newton: rotación	141
19	Conservación del Momento Angular	149
20	El resorte y masas oscilantes	155
21	Apéndices	159
21.1	El reporte de la práctica.	160
21.2	Elementos básicos	160
21.2.1	Carátula	160
21.3	Bases	160
21.4	Cuerpo	161
21.5	Cierre	161
21.6	Autoreflexión	161
21.7	Referencias	162
21.8	Reglamento	163
21.9	Objetivos	163
21.10	Misión	163
21.11	Valores	163
21.12	Lineamientos	164
21.13	Definiciones	164
21.14	De los estudiantes	164
21.15	De la reservación y permanencia en el laboratorio	165
21.16	De la seguridad	166
21.17	De las prácticas de campo o actividades fuera del Laboratorio	167
21.18	De las sanciones	167
	Bibliografía	169

0.1 Introducción

Este manual es un esfuerzo multidisciplinario dirigido a estudiantes de las licenciaturas del área físico-matemático de la ENES Morelia. El objetivo de generar manuales de experimentos claves para la ciencia, en este caso, de mecánica clásica con 19 experimentos de tal manera que se cubran los temas contemplados en curso teórico: medición y las incertidumbres asociadas, así como su propagación del error, cinemática en una y dos dimensiones, dinámica, trabajo, energía y leyes de conservación.

Confiamos en que estos manuales aportaran a los estudiantes y docentes herramientas útiles que faciliten el proceso de la enseñanza–aprendizaje, por medio de la detonación de las ideas previas, el marco teórico (clases teóricas), experimentos, la resolución de problemas, así como desarrollen habilidades y competencias con diversos estilos de aprendizaje (auditivo, visual, kinestésico, lectura y escritura), todo esto en el contexto del desarrollo de la cultura científica. En cada práctica los estudiantes desarrollarán sus hipótesis y a través de diversas herramientas, experimentos, ellos contrastarán con el marco teórico para generar sus discusiones y conclusiones. Las prácticas de este compendio están organizadas en una secuencia didáctica, las cuales proporcionan diversos enfoques, problemática y retos. Con este compendio esperamos que la enseñanza de la física se desarrolle en un ambiente muy parecido a las actividades de investigación, utilizando de manera natural las herramientas matemáticas y computacionales (TICs). Este manual promueve nuevos escenarios para que los estudiantes encuentren una amplia gama de formas de pensar con la finalidad de que construyan su propio conocimiento, así como desarrollar herramientas para resolver problemáticas en campos multidisciplinarios. Para lograr los objetivos, este manual tiene diversas estrategias para que el estudiante desarrolle diversas actividades tales como:

- Hacer explícitas las ideas previas de los estudiantes por medio de un cuestionario previo (planteamiento de problemas) o un video introductorio que solicite de manera individual las hipótesis y concepciones previas para resolver el experimento y después de elaborarlas, se socializan con el resto del equipo.
- Armar y diseñar el experimento, así como comprobar las hipótesis. Ellos podrán utilizar una gran diversidad de herramientas, que van desde las básicas como son regla, papel y lápiz, hasta sensores modernos que auxilian en la medición simultánea de diversas variables tales como la posición, la rapidez, aceleración o la fuerza, por mencionar algunas.
- Contestar el cuestionario final con el objetivo de resolver ejercicios de aplicación que están relacionados con la temática y que ayuden a integrar los conceptos desarrollados en la práctica con la clase de teoría.

Cabe aclarar que este compendio tiene en cada práctica las indicaciones necesarias para que el estudiante sea autodidácta y avance a su propio ritmo, sin embargo, el docente es libre de elegir cualquier otro estilo para impartir la práctica.

Después de que el estudiante realizó la práctica, se aconseja que el estudiante genere un reporte con la finalidad hacer claro el aprendizaje, así como buscar elementos claves de su contexto para que le dé significado a lo aprendido. Este reporte servirá para:

- Registrar y documentar sus resultados, así como elaborar una discusión y dar conclusiones al contrastarlas con sus hipótesis iniciales en luz de la teoría.
- Redactar los resultados para luego hacer una retroalimentación a la luz de los resultados de los otros equipos. La herramienta sugerida para que los estudiantes

logren este es mediante Google Docs (aunque la decisión final será del docente).

En los anexos de este compendio, se revisan los elementos básicos para que los estudiantes generen reportes que ayuden a la sistematización de la información generada a lo largo de cada práctica, así como el reglamento para el uso del laboratorio de física.

0.2 Agradecimientos

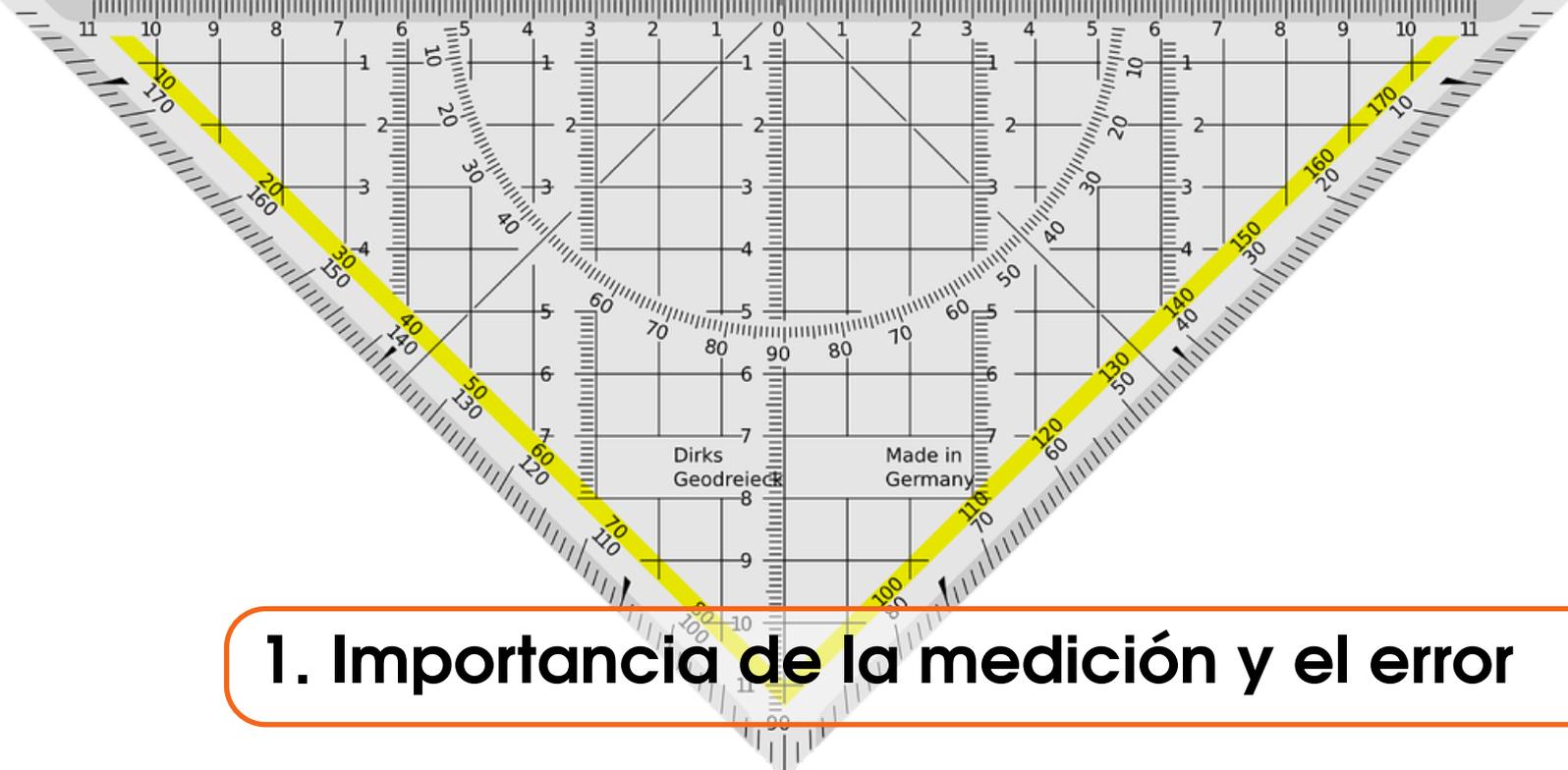
Queremos agradecer por el esfuerzo y dedicación en la elaboración de este manual a:

- Nancy Velázquez Reséndiz, auxiliar del Laboratorio de Física de la ENES Morelia.
- Stephany Ortuño Chanelo, estudiante de la licenciatura en Geociencias de la ENES Morelia.
- Diana Estefanía Fierro Huerta, estudiante de la licenciatura en Geociencias de la ENES Morelia.
- Andrés Castro Chacón, estudiante de la licenciatura en Ciencias de Material Sustentables de la ENES Morelia.
- Iván Mendoza Amaro, académico de la ENES Morelia.

Agradecemos también a los siguientes repositorios de imágenes con licencia Creative Commons:

- <https://pixabay.com/es/>
- <http://openphoto.net/>
- <https://commons.wikimedia.org>
- <http://publicdomainarchive.com/>
- <https://500px.com/creativecommons>

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE102417 de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México.



1. Importancia de la medición y el error

¿Por qué realizar ciencia experimental? Es una pregunta con un alto grado de complejidad y controversia histórica, la cual gira en torno a nuestra comprensión de la naturaleza o paradigmas [3]. Pero antes de contestar esta pregunta, es importante que el estudiante esté atento en cuanto a que nuestra comprensión de la naturaleza puede estar equivocada y llena de errores. La historia nos dice que los científicos han estado constantemente mejorando las teorías, los modelos, instrumentos y un largo etcétera, con el objetivo de que se explique mejor a la naturaleza, así como realizar nuevas predicciones o consecuencias que deberán ser comprobadas/rechazadas. También a lo largo de la historia, algunas veces se le daba más peso a los experimentos y en otros momentos se la daba preponderancia a la teoría. Actualmente se busca la compatibilidad entre ambas, por lo que los científicos tratan de encontrar las fallas en los modelos y tratan de profundizar en el por qué la teoría no ajusta con el experimento o viceversa. Los científicos hacen muchos experimentos, elaboran diversas hipótesis, crear nuevos modelos para intentar demostrar (algunas veces no) sus ideas. Este constante quehacer, es el camino que ofrece la ciencia para acercarnos a la verdad. Con base a lo anterior y de manera muy amplia, la ciencia es un conjunto de saberes, técnicas, procedimientos, habilidades, actitudes que son desarrolladas al observar, registrar sistemáticamente, razonar, hacer hipótesis, controlar variables, y un largo etc. A partir de esto, los científicos buscan correlaciones entre las observaciones y leyes generales. Estas nuevas teorías generan nuevas predicciones, generando un nuevo reto para el desarrollo tecnológico para obtener las nuevas observaciones y así, volver a iniciar el ciclo.

La medición ha jugado un papel esencial en la actividad del hombre a lo largo de la historia. El corte de un bloque de piedra para construir una pirámide o un templo Maya, la predicción de un eclipse para la inauguración de una ceremonia religiosa, el conteo de células de la sangre y la determinación de la forma de la Tierra vista desde un satélite artificial en órbita, son una muestra de casos en los cuales la medición ha sido y es utilizada

con el fin de satisfacer las necesidades del humano.

Como personas responsables, nuestras propias decisiones deben basarse en una evaluación de la confiabilidad de la información que se nos proporciona. Por ejemplo, esta en nuestras decisión el comprar un auto nuevo basado en la investigación y en la lectura de la ficha técnica para validar el consumo de combustible o el nivel de seguridad o el material con el que esta hecho. Esta ficha técnica esta respaldada en las pruebas y mediciones que hacen los científicos. Sino se tuvieran estas mediciones y pruebas, no se podría comparar objetivamente las especificaciones. Actualmente nos enfrentamos a la era del conocimiento, por lo que es necesario entrenarse para discriminar la información y tener criterios tener confiabilidad.

Algunos errores de medición en la ciencia y la ingeniería

A lo largo de la historia han existido diversos patrones de medición, que son variables uno de otro, por ejemplo, 1 metro equivale a 3.28 pies. La selección y adopción de los patrones para medir las magnitudes físicas es el resultado de diversas conferencias/congresos realizadas por los científicos, tal como el Sistema Internacional que fue instaurado en 1960 basado en el sistema MKS (para más información ver Arredondo y al. [1]). Las definiciones de este sistema están condicionadas básicamente en los siguientes requisitos:

- Reproducibles
- Invariantes

Sin embargo, la existencia de diversos patrones de medida para una misma magnitud, ha creado dificultades y errores en las relaciones internacionales de comercio, en el intercambio de resultados de investigaciones científicas, tecnología, etc. Entre los grandes errores de medición más conocidos en la ciencia y la ingeniería se encuentran los siguientes cinco ejemplos:

El orbitador de clima de Marte

Diseñado para orbitar Marte como el primer satélite meteorológico interplanetario, sin embargo el Orbitador de Marte se perdió en 1999 porque el equipo de la NASA utilizó el sistema de unidades inglesa mientras que uno de los contratistas de la misión utilizó el sistema métrico decimal en una pieza del programa informático que operaba la nave desde la Tierra. La sonda de \$125 millones de dólares se acercó demasiado a la atmósfera de Marte cuando intentaba maniobrar hacia su órbita estable, pero se destruyó al entrar en fricción con la atmósfera.

El buque Vasa

En Suiza en 1628, una multitud presencié el hundimiento de un nuevo buque de guerra, a menos de dos kilómetros de la costa. En el suceso murieron 30 tripulantes. Los expertos que estudiaron el caso reportaron de que la nave era asimétrica: más gruesa a babor que a estribor. Una razón para esto fue que los obreros utilizaron diferentes sistemas de medidas. Los arqueólogos han encontrado cuatro reglas usadas por los constructores: dos estaban calibradas en pies suecos, que tenían 12 pulgadas, mientras que otras dos medían pies de Ámsterdam, con 11 pulgadas.

El planeador Gimli

En 1983, un vuelo de la compañía Air Canada se quedó sin combustible cuando volaba sobre el pueblo de Gimli, en la provincia de Manitoba. En ese entonces Canadá había cambiado al sistema métrico decimal en 1970, y el avión había sido el primero de Air Canada en usar las nuevas medidas. El calibrador de combustible a bordo del avión no estaba funcionando, por lo que la tripulación utilizó un tubo para medir cuánto combustible había cargado. Pero las cosas se complicaron cuando convirtieron estas mediciones de volumen en medidas de peso: tenían el número correcto, pero mal la unidad de medición, es decir, confundieron las libras de combustible por kilogramos. Como resultado, el avión llevaba alrededor de la mitad del combustible.

Hubble, el telescopio miope

El telescopio espacial Hubble es famoso por sus hermosas imágenes del espacio y se considera un gran éxito de la NASA. Lanzado el 24 de abril de 1990, el telescopio espacial Hubble prometía resultados espectaculares con su espejo primario de 2.4 metros y su órbita a 593 kilómetros de altitud, lo que lo libraba de la absorción de la atmósfera en las observaciones astronómicas. Sin embargo, despegó tras un comienzo difícil. Las primeras imágenes que mostró eran borrosas debido a que Perkin-Elmer, la empresa encargada de construir el espejo principal, había cometido un error al pulirlo y sus bordes eran demasiado planos por 2.2 micrómetros, lo que provocaba aberración esférica, con lo que los rayos de luz que venían del borde del espejo tenían su punto de enfoque en otro que los que venían del centro. Afortunadamente, los científicos lograron solucionar el problema en 1993, usando un instrumento llamado Reemplazo Axial Correctivo Óptico de Telescopio Espacial (COSTAR, por sus siglas en inglés), que básicamente es una lente que contrarrestaba el fallo del espejo principal. Fue como ponerle unas gafas al Telescopio espacial Hubble.

El Puente del Milenio en Londres

Para marcar la entrada en el nuevo milenio, Londres construyó un puente peatonal en junio del 2000 que une el famoso museo de arte Tate Modern, en la ribera sur del río Támesis, con la orilla norte cercana a la catedral de Saint Paul. Pero la gente se dio cuenta la estructura de 350m de largo se tambaleaba de forma alarmante cuando caminaban sobre ella. Una de las dificultades del diseño de un puente peatonal es el efecto de las pisadas sincronizadas; a medida que el puente rebota o se balancea la gente ajusta sus pasos al ritmo de los movimientos del puente, magnificándolos sin darse cuenta. En este caso, los diseñadores tomaron en cuenta los pasos sincronizados de arriba abajo, pero no el efecto de lado a lado. Al año siguiente comenzaron los trabajos para instalar amortiguadores para reducir el balanceo. Volvió a abrirse al público en 2002.

Medición

Como hemos visto en la sección anterior, la medición, su rectificación, las unidades, así como la incertidumbre son necesarias para reducir al mínimo los desperfectos. Pero cuando los fenómenos naturales y los hallazgos de la investigación científica se expresan en términos matemáticos, pierden su ambigüedad y se les puede verificar y refutar por medio de experimentos. En la descripción física cuantitativa de la naturaleza, la medición

juega un papel importante. **La medición es el proceso mediante el cual cuantificamos nuestra experiencia del mundo exterior.** La realización de un experimento casi siempre implica la necesidad de ejecutar mediciones a fin de obtener e interpretar resultados. La medición puede realizarse de forma directa o indirecta según sea el caso:

- **Medición directa:** es aquella que realizamos utilizando un instrumento diseñado, construido y calibrado para cuantificar apropiadamente la cantidad que nos interesa. El valor de la medida se obtiene a partir de una escala o una pantalla asociada al instrumento de medición.
- **Medición indirecta:** es aquella en la cual la magnitud a medir se calcula mediante una relación matemática.

Incertidumbre

Cualquiera que sea la forma de medir, directa o indirecta, la medición debe ser una acción planificada y atenta. Sin embargo, a pesar del avance de la tecnología para desarrollar mejores instrumentos para realizar una medición cuidadosa, la medida no puede aceptarse como una verdad absoluta, sino como una información que contiene cierto grado de incertidumbre.

La incertidumbre de medición es un parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores obtenidos. Al realizar las mediciones de manera repetida y constante, se busca descubrir su variación de manera estadística. El concepto de incertidumbre, como un atributo cuantificable, es relativamente nuevo en la historia de las mediciones, aunque los términos error y análisis de error han sido bastantemente usados como parte práctica de la ciencia de las mediciones o metrología.

Fuentes de incertidumbre

Todas las mediciones tienen asociada una incertidumbre que puede deberse a los siguientes factores:

- **La naturaleza de la magnitud que se mide:** Existen casos en los que el instrumento de medición debe hacer contacto con el objeto que se está estudiando; esta interacción generalmente alterará el tamaño de la cantidad a medir.
- **El instrumento de medición:** Nuestros instrumentos no son perfectos. Podrán parecernos muy bien acabados pero una evaluación estricta y detallada seguramente mostrará que tienen defectos tanto de construcción como de funcionamiento.
- **El observador:** Toda medida es el resultado de una operación humana en la cual se ven implicados nuestros sentidos, y como éstos no se desarrollaron especialmente para realizar esta tarea, lo más probable es que durante el proceso de medición incurramos en equivocaciones.
- **Las condiciones externas:** Estos errores suelen ocurrir por factores climáticos u otros factores ajenos a la medición que hacen variar de igual manera todos los resultados medidos.

Cada uno de estos factores constituye por separado una fuente de incertidumbre y contribuye en mayor o menor grado a la incertidumbre total de la medida. La tarea de detectar y evaluar las incertidumbres no es simple e implica conocer diversos aspectos de la medición. En general, podemos englobar estas fuentes de error en dos grupos: El error

sistemático y el error aleatorio. El primero se refiere al error que influye de igual manera a todas las mediciones (por ejemplo, una mala calibración del instrumento), mientras que el segundo tipo se refiere a la variación de una medición a otra (por ejemplo, la perspectiva del observador para ver la aguja del indicador).

Tipos de incertidumbre

Para librarnos de las dificultades anteriores, lo que se presenta como medida (X), es un intervalo de valores en los que se tiene cierto grado de confianza para encontrar el valor de la medición. Dentro de este intervalo de valores (x_i) se utiliza la media o también llamado promedio $\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$, como el valor más representativo de la medida, debido a que tiene mayor probabilidad de acercarse al valor real. A este valor le llamamos el valor central de la medida.

Incertidumbre absoluta

Alrededor del valor central, hay una cantidad que determina los límites del intervalo de valores donde confiamos está el valor de la medida. A esta cantidad le llamamos incertidumbre absoluta de la medida (error absoluto de la variable X , ΔX). Su valor es usado frecuentemente para establecer la precisión de la medida. Entonces, para expresar el valor de la medición en términos del promedio y su incertidumbre absoluta asociada, se sigue la siguiente notación:

$$X = \bar{X} \pm \Delta X \quad (1.1)$$

Esta forma de expresar el resultado de una medición tal como se presenta en la ecuación 1.1, se le conoce como forma de error absoluto, porque la incertidumbre absoluta tiene las mismas unidades que el valor central.

Incertidumbre porcentual

La precisión de una medida debemos establecerla a partir de la información que nos brinde la relación que existe entre el valor de su incertidumbre absoluta y su valor central. Definimos entonces la incertidumbre relativa como la fracción de la incertidumbre absoluta entre el promedio de las medidas:

$$I_r = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \quad (1.2)$$

La incertidumbre relativa es adimensional porque no tiene unidades.

En general, esta forma de expresar la incertidumbre de una medida tiene el inconveniente de que la incertidumbre relativa es una cantidad muy pequeña; por este motivo se acostumbra dar opcionalmente la incertidumbre porcentual la cual se define como: incertidumbre porcentual o error porcentual (I_p) de una medida es la incertidumbre relativa multiplicada por cien. Esto es:

$$I_p = \frac{\Delta X}{\bar{X}} 100 \quad (1.3)$$

Una vez establecida la incertidumbre relativa o la incertidumbre porcentual de una medida estamos en capacidad de comparar su precisión con la de otras. Los términos

precisión e incertidumbre porcentual son complementarios, es decir, cuanto más baja es la incertidumbre porcentual de una medida más alta es su precisión. Los siguientes ejemplos ilustrarán la forma de establecer la precisión de una medida y la importancia que esta cantidad tiene para comparar la calidad de las medidas.

Incertidumbre del instrumento

Frecuentemente, los instrumentos de medición condicionan la incertidumbre de una medida. Sin embargo, la calidad de un instrumento no necesariamente garantiza una buena calidad en una medida. Para resolver esta situación se propone lo siguiente: al hacer una sola medición directa de una cantidad cuyo resultado se reportará, debemos dar como valor central de la medida aquél que se obtiene tomando en cuenta la marca más próxima de la escala del instrumento de medición. Se debe aplicar redondeo cuando el puntero indicador esté ubicado a la mitad de dos marcas consecutivas. **La incertidumbre instrumental será la mitad de la mínima división de la escala del instrumento.**

Incertidumbre estandar

La desviación estándar se utiliza a menudo como una buena estimación de la incertidumbre, la cual es llamada incertidumbre estandar. Para calcular esta incertidumbre σ , se debe extraer la raíz positiva de la varianza σ^2 definida como:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{X})^2 \quad (1.4)$$

La incertidumbre estandar caracteriza la variabilidad de los valores observados x_i , es decir, nos acota la dispersión alrededor de la media $X = \bar{X} \pm \sigma$.

Cifras significativas

En una medición ¿Cuántos dígitos se deben de reportar después del punto decimal? ¿Se trunca el número de manera arbitraria? ¿Estará relacionada el número de dígitos reportados con la incertidumbre absoluta de la medida?. **El criterio para establecer las cifras significativas del valor central es: el valor tendrá el mismo número de dígitos después del punto decimal que el número de dígitos tenga, también después del punto decimal, la incertidumbre absoluta.**

Considere el siguiente ejemplo. El número transcendental e , también llamado número de Euler o constante de Napier, es aproximadamente igual a 2.7182. Pero para ser exactos con el valor de e , deberíamos incluir un número infinito de dígitos. Sin embargo, cuando se hacen mediciones de e en el laboratorio, no debemos escribir el número que sale directo de la calculadora/computadora, porque existen ciertos límites instrumentales y errores en medición que deben ser tomados en cuenta y que por consecuencia, nos dará pauta para decidir hasta donde truncar el número de dígitos después del punto decimal. Si la incertidumbre absoluta es ± 0.1 al medir el valor de e , entonces tendremos que reportarlo como $e = 2.7 \pm 0.1$, decimos que e tiene 2 cifras significativas. Otro ejemplo, cuando usamos una cinta métrica, graduada en milímetros, para medir directamente la longitud de una mesa cuyos bordes están bien definidos y reportamos como valor central $\langle l \rangle = 154$ cm, estamos actuando incorrectamente. Esta expresión tiene menos cifras significativas de las que realmente se pueden obtener en la medición de esta cantidad utilizando dicho

instrumento. Si la longitud de la mesa coincide exactamente con la marca del instrumento indicada con el número 154, o está más próxima de la misma que de otra, el valor central de la medida debemos expresarla como $\langle l \rangle = 154.0 \pm 0.5 \text{ cm}$.

Para los estudiantes interesados en profundizar más en los diferentes tipos de error, así como en la medición se recomienda el Manual de Prácticas Interdisciplinarias de Arredondo y al. [1], así como el libro de Física Experimental de Baird [2].



2. Introducción a la Medición

Palabras clave

Periodo de oscilación, péndulo simple, masa, amplitud de oscilación, g aceleración debido a la gravedad, longitud del péndulo.

Introducción¹

Tal como vimos en el capítulo anterior, la medición es un proceso clave para la ciencia, debido a que cuantifica las variables que describen a cada fenómeno, en este caso, describir el movimiento de un péndulo por medio de mediciones directas e indirectas. El péndulo es conocido desde la antigüedad, pero Galileo describió sus oscilaciones en términos de las variables. Actualmente el péndulo es bien estudiado porque puede ayudar a entender los sismos, llevar el ritmo en las composiciones musicales, medir el tiempo, estudiar la aceleración gravitatoria, evidenciar la rotación de la Tierra, entre otros.

Objetivo

El objetivo de este experimento es conocer la dependencia de la variable “periodo de oscilación” de un péndulo simple en función de otras variables, tales como la longitud, la masa, la amplitud del movimiento, entre otras.



Figura 2.1: Midiendo el movimiento del péndulo.

¹Basado en PASCO-Scientific/P01 [4]

Cuestionario Previo

- ¿Cuál es la definición de oscilaciones pequeñas para un péndulo?
- ¿Por qué es importante garantizar las oscilaciones pequeñas en el péndulo?
- ¿El periodo del péndulo se puede medir como función de otras variables? ¿Cuáles?
- ¿El periodo es una variable dependiente o independiente?
- ¿El periodo del péndulo cambia con la amplitud?
- ¿El periodo del péndulo cambia con la longitud?
- ¿El periodo del péndulo cambia con la masa?
- ¿Cuál es el margen de error en nuestras mediciones?
- ¿Cuál es el modelo matemático que relaciona a las variables?

Fundamento Teórico

Un péndulo simple consiste en una masa (m) que es llamado contrapeso (bob), el cual es atado a una cuerda de longitud L que tiene masa despreciable con respecto a m . Cuando el contrapeso es empujado fuera de su posición de equilibrio y liberado, comienza a oscilar de atrás para adelante. El periodo T es la cantidad de tiempo para realizar una oscilación completa (ir y regresar). En la figura 2.2, se puede observar, que el contrapeso va de la posición 1 a la posición 2 y de regreso a la posición 1. La amplitud A de oscilación es medida desde el punto de equilibrio hasta el máximo desplazamiento, por lo que es la mitad de la oscilación completa de la posición 1 a la posición 2.

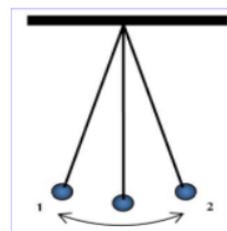


Figura 2.2: Oscilación del péndulo.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento	PS-2103A
1	Set de Densidad "Contrapeso"	ME-8569
1	Abrazadera del Péndulo	ME-9506
1	Base para la varilla larga (soporte universal)	ME-8735
1	Abrazadera larga para la mesa	ME-9472
1	Varilla de 90-cm	ME-8738
1	Varilla de 45-cm	ME-8736
1	Cuerda de 2 metros	SE-8050
1	Flexómetro	
1	Balanza	

Cuadro 2.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

1. Anclar la varilla de 90 cm a la base y a su vez anclar la abrazadera del péndulo a la varilla en la parte superior. Colocar un pedazo de cuerda de 2 metros de longitud a la abrazadera del Péndulo como se muestra en la figura 2.5. Deslizar la cuerda a través del orificio del cilindro de latón y colocar los extremos de la cuerda en los clips externo e interno de la abrazadera del péndulo, formando con la cuerda una "V" al momento de colgar.
2. Ajustar el largo de la cuerda de tal manera que la distancia vertical entre el perfil inferior de la abrazadera del péndulo y la mitad del contrapeso sea de 70 cm.
3. Al usar la abrazadera para la mesa y la varilla de 45 cm, colocar el sensor de movimiento (figura 2.1) al frente del péndulo tal que el disco de latón esté vertical y de cara al contrapeso (ajustando el ángulo, ver figura 2.5), apuntando a lo largo de la dirección en la que el péndulo tiene el movimiento de oscilación. Verificar que el interruptor del sensor de movimiento este posicionado en la parte superior. Ajustar la altura del sensor de movimiento arriba o abajo de tal manera que se encuentre a la misma altura que el contrapeso.
4. Ajustar la posición del soporte universal para que el sensor de movimiento quede a una distancia de alrededor de 25 cm con respecto al contrapeso en la posición de reposo. Conectar el sensor de movimiento a la interfase 850.
5. Comenzar un nuevo experimento en el programa de análisis de datos.



Figura 2.3: Material.



Figura 2.4: Colgando el contrapeso en la abrazadera del péndulo.



Figura 2.5: Sensor de movimiento.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 90 minutos.

Guardando Datos

1. Construir un gráfico de posición (m) en función del tiempo (s).
2. Comenzar el balanceo del péndulo: Empujar el péndulo lejos del sensor de movimiento, a unos 5 cm y soltar. Tratar de obtener la oscilación lo más suave posible.
3. Iniciar la grabación de datos. Cuando la gráfica se llene demasiado, se deberá parar la grabación y volver a empezar. En la barra de herramientas del gráfico es posible cambiar la escala del mismo. Verificar que la amplitud de la oscilación es de unos 5 cm.
4. El sensor de movimiento no puede detectar objetos que estén a menos de 15 cm. Si es necesario, se puede alejar el péndulo del sensor.
5. ¿Los datos resultantes son una curva senoidal suave?

6. En caso de que no sea así, ajustar la posición del interruptor de rango en la parte superior del sensor de movimiento para determinar qué ajuste de intervalo devuelve los mejores datos. En general, la posición con el icono de carro es para objetos más pequeños y cercanos, y la posición con el icono de persona es para objetos más grandes y más lejanos.
7. ¿Hay suficientes puntos en los datos por cada período para definir la onda senoidal?
8. Si la respuesta es no, utilizar los controles de frecuencia de muestreo (desde el software) para aumentar la rapidez y poder ver el efecto. Una frecuencia de 50 Hz funcionará bien para este experimento.
9. Tratar de obtener una serie de datos que tengan una curva suave con 4 a 6 oscilaciones completas. Se pueden eliminar las corridas incorrectas según sea necesario: Eliminar las corridas incorrectas mediante el botón eliminar de la barra de herramientas inferior.

Herramientas de Medición

1. Medir el período del péndulo: Mediante la herramienta de coordenadas, determinar el momento en que se produce el pico en cada oscilación y sustraer los picos adyacentes para obtener el período. Registrar el resultado obtenido aquí:
2. ¿Se obtuvo la misma respuesta del período para todos los casos?
3. Cuando se seleccione la herramienta de coordenadas (Coordinates Tool), se puede dar click secundario sobre la región de la gráfica para activar la herramienta δ . La herramienta δ permite medir la diferencia entre dos puntos. Tratar de medir el período utilizando esta herramienta. Registrar el resultado aquí:
4. Hay varias funciones disponibles para ajustar la curva (Curve Fit): Seleccionar el ajuste Seno (Sine) desde la barra de herramientas de gráficos. ¿Son los datos obtenidos un buen ajuste a una onda senoidal?
5. La forma general de una onda senoidal es:

$$y = A \sin \left[\frac{2\pi}{T}x + \varphi \right] \quad (2.1)$$

Donde T es el período. Utilizar los valores del ajuste de curva obtenido anteriormente para calcular el período de la oscilación. ¿Cómo se compara esto con las respuestas anteriores?

Parte 1. Variando la longitud

1. Variar la longitud del péndulo. Predecir lo que le sucederá al período de oscilación cuando se disminuya la longitud del péndulo L. ¿Aumentará, disminuirá o permanecerá igual?
2. La longitud del péndulo L se mide desde el borde inferior de la abrazadera del péndulo hasta el centro del “contrapeso”.
3. Registrar una serie de corridas para diferentes longitudes de péndulo empezando con una longitud de 70 cm y disminuyendo en intervalos de 5 cm hasta llegar a 10 cm. Mantener la amplitud aproximadamente igual en todas las oscilaciones realizadas.
4. Reusar cualquiera de las tres herramientas de medición utilizadas en la sección

1. Variará la amplitud de la oscilación del péndulo. Predecir lo que le sucederá al período de oscilación cuando se disminuya la amplitud del péndulo. ¿Aumentará, disminuirá o permanecerá el mismo período?
2. Ajustar la longitud del péndulo de modo que la distancia desde el borde inferior de la abrazadera del péndulo a la parte superior del cilindro sea de 40 cm.
3. Registrar una serie de datos para diferentes amplitudes del péndulo comenzando con una amplitud de 10 cm y disminuyendo en intervalos de 2 cm hasta alcanzar una amplitud de 2 cm. La amplitud se mide desde el equilibrio hasta el desplazamiento máximo.
4. Reusar cualquiera de las tres herramientas de medición utilizadas en la sección herramientas de medición (measurement tools) para determinar el período de oscilación en cada amplitud.
5. Registrar la amplitud y el período en la tabla 2.3.

A(cm)	T(s)

Cuadro 2.3: Período T de un Péndulo con Amplitud A

Parte 3. Variando la Masa

1. En esta parte se variará la masa del péndulo. Predecir lo que sucederá al período de oscilación cuando se disminuya la masa del péndulo bob. ¿Aumentará, disminuirá o permanecerá el mismo período?
2. Ajustar la longitud del péndulo de modo que la distancia desde el borde inferior de la abrazadera del péndulo a la parte superior del cilindro sea de 60 cm. Medir cuidadosamente y mantener esta longitud igual para los tres contrapesos.
3. Utilizando una amplitud de oscilación de 6 cm para las tres corridas, registrar una serie de datos para cada uno de los tres movimientos del péndulo (latón, aluminio y plástico). Tratar de obtener la oscilación lo más suave posible.
4. Utilizar cualquiera de las tres herramientas de medición utilizadas en la sección herramientas de medición para determinar el período de oscilación para cada movimiento del péndulo.
5. Registrar la amplitud y el período en la tabla 2.4.

Bob	T(s)	m(g)
Metal		
Aluminio		
Plástico		

Cuadro 2.4: Período T de un Péndulo con Masa (m).

Cuestionario

1. En general, ¿Qué sucede con el período de un péndulo cuando cambia la longitud, la masa del péndulo y la amplitud del movimiento del péndulo?
2. ¿Aumentará, disminuirá o permanecerá el mismo período al ...?:
 - a) Variar la longitud:
 - b) Variar la amplitud:
 - c) Variar la masa:

Estudios adicionales: Calcular "g"

- ¿Se puede comprobar que se cumple la relación entre el período y la longitud del péndulo?

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2.3)$$

Donde g es la aceleración debida a la gravedad. Al elevar al cuadrado ambos lados de la ecuación, se puede observar que para una gráfica de T^2 contra L , la pendiente de la recta resultante está dada por:

$$Pendiente = \frac{T^2}{L} = \frac{4\pi^2}{g} \quad (2.4)$$

Utilizar la pendiente del gráfico de T^2 en función de L que se obtuvo para calcular g , la aceleración debida a la gravedad. Escribir el resultado aquí: $g =$
Si se llevará el péndulo a la Luna donde la gravedad es menor, ¿Qué pasaría con el período?
¿Por qué?

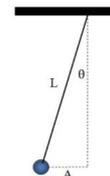


Figura 2.6:
Componentes del péndulo.

Más información

Oscilaciones Pequeñas del Péndulo

La amplitud de la oscilación de un péndulo se mide generalmente por el ángulo a través del cual oscila, no su desplazamiento horizontal. Para la última sección donde se varió la masa, la longitud del péndulo fue de unos 60 cm y la amplitud máxima fue de unos 6 cm. Usando trigonometría, calcular el ángulo de la amplitud. En general, el período de un péndulo es independiente de la amplitud sólo si el ángulo es pequeño, inferior a 20 grados. Cuando el ángulo es superior, la oscilación ya no se pueden aproximar $\tan\theta \sim \theta$.



3. Incertidumbre y análisis del error

Palabras clave

Incertidumbre, error, escala de medición, unidades, redondeo de cifras.

Introducción¹

Para la ciencia, las medidas a veces no tienen significado sino van acompañadas de sus respectivas incertidumbres. En esta práctica se aprenderá a observar y a registrar la incertidumbre al medir el diámetro y la circunferencia de cuatro discos de diferentes tamaños (ver figura 3.1) usando la cinta flexible transparente suministrada.

Objetivo

Los estudiantes determinarán el valor empírico de π al medir el diámetro y la circunferencia de cada disco con una cinta métrica. Las marcas del índice de la cinta métrica están impresas en la parte posterior, de modo que la circunferencia real del disco (sin incluir el espesor de la cinta) es medida. Una ranura lateral de cada disco sostiene la cinta mientras la circunferencia se mide. Una línea marcada en la cara de cada disco, que pasa por el centro, permite la medición precisa del diámetro.

Cuestionario Previo

1. ¿El valor de π es el mismo para cada disco?
2. ¿Con cuánta precisión se puede medir el valor de π ?
3. Al calcular el valor de π , ¿Hasta cuántas cifras se debe truncar el valor calculado?

¹Basado en PASCO-Scientific/P02 [6]

Fundamento Teórico

El perímetro de un círculo es la circunferencia y su valor se calcula con la fórmula matemática $P = \pi D$ donde P = Perímetro D = Diámetro Esta ecuación expresa que la circunferencia es directamente proporcional al diámetro del círculo. La constante de proporcionalidad es el número irracional π . Dado que los números irracionales tienen expresión decimal infinita, experimentalmente jamás sería posible determinar su valor exacto. Si consideráramos la incertidumbre asociada a la medición, existe una manera práctica muy sencilla de determinar el valor de π de manera experimental.

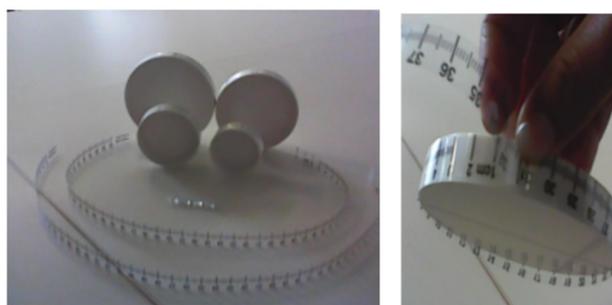
En cada medida que se realice, siempre hay cierta incertidumbre en la respuesta. Por ejemplo, al medir la longitud de un objeto con una regla, se debe estimar el último dígito porque la lectura cae entre las divisiones más pequeñas de la escala. Y si el objeto que se mide no es uniforme, esto introduce aún más incertidumbre. Siempre se debe observar y registrar la incertidumbre en todas las mediciones que se realicen. Por ejemplo, se puede registrar que la longitud de un objeto era $24.2 \text{ cm} \pm 0.3 \text{ cm}$. Tener en cuenta que las mediciones realizadas en esta práctica también deben incluir las unidades. Siempre se deben redondear las respuestas finales a un número apropiado de dígitos. Por ejemplo, no tendría sentido reportar la longitud $24.25198 \text{ cm} \pm 0.3 \text{ cm}$. Las cifras 5198 no tienen significado y es un error conceptual el reportar este número.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Conjunto Descubrir π (4 Discos, 2 Cintas métricas, 4 topos de plástico)	ME-6806

Cuadro 3.1: Material.



(a) Kit para medir diámetro y perímetro de 4 discos.

(b) Cinta.

Figura 3.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 1 minuto.

Para medir la circunferencia, se debe deslizar el extremo doblado en la ranura del lado del disco (ver figura 3.1) y envolver la cinta, una vez alrededor del disco para que se superponga al marcador de línea cero. Medir el diámetro (ver figura 3.1) a lo largo de la línea marcada en la cara del disco.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 30 minutos.

Estimando la incertidumbre

1. Una manera de estimar la incertidumbre es repetir una medición varias veces. Probar este método para medir la circunferencia del disco más grande. La cinta está marcada cada 0.1 cm, pero se puede medir un dígito adicional mediante la estimación entre las marcas de la escala. Volver a enrollar la cinta y repetir la medición. ¿Se obtiene una respuesta diferente dependiendo de la tensión que se aplica a la cinta?
2. Introducir todos los valores obtenidos en la tabla de la derecha. Estos valores se representarán en la gráfica siguiente (ver figura 3.2). A medida que se agregan más valores, observar cómo cambia el máximo, mínimo y la media (promedio). Solicitar a cada persona del grupo tomar mediciones separadas sin mirar las mediciones del otro. Registrar todos los valores para la circunferencia del disco grande en esta misma tabla.

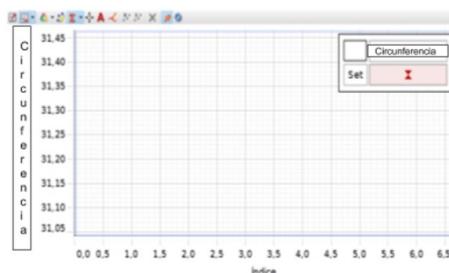


Figura 3.2: Gráfico de la circunferencia en función del índice.

3. Para estimar la incertidumbre estándar, registrar el valor final para la circunferencia en la tabla de la derecha en la forma valor medio \pm desviación estándar. ¿Se necesita hacer un redondeo de las cifras? Solamente se deberán incluir los dígitos que tienen sentido y no se debe olvidar colocar las unidades.
4. Anotar el valor para la circunferencia del disco más grande en la tabla siguiente.
5. Utilizar la misma cinta de plástico para medir el diámetro del disco más grande. Alinear el marcador (línea cero) con el borde del disco y medir el diámetro a lo largo de la línea marcada en la cara del disco.
6. ¿Cuál es la incertidumbre en esta medición? No es necesario realizar la gran variedad de mediciones que se hicieron en la página anterior, pero al menos se deberán tomar 10 mediciones para estimar la incertidumbre.
7. Registrar el diámetro del disco más grande en la tabla.
8. Medir y registrar la circunferencia y el diámetro de los otros 3 discos.

Disco	Circunferencia (cm)	Desviación estándar (cm)
1 Más grande		
2 Grande		
3 Pequeño		
4 Más pequeño		

Cuadro 3.2: Datos de las circunferencias y desviaciones vs tamaño del disco.

Disco	Diámetro (cm)	Desviación estándar (cm)
1 Más grande		
2 Grande		
3 Pequeño		
4 Más pequeño		

Cuadro 3.3: Datos

Análisis

La gráfica muestra los datos de la página anterior trazada en la forma circunferencia en función del diámetro.

1. ¿Cuál es la relación entre la circunferencia y el diámetro de un círculo? Seleccionar el ajuste de curva lineal en la barra de herramientas del gráfico. ¿Cuál es la pendiente de la línea? ¿Qué se supone que es?
2. Observar la incertidumbre en el valor de la pendiente. Esto se basa en los valores ingresados, pero se debe recordar que existe una incertidumbre en esas mediciones. Tomar el valor de \pm incertidumbre que se determinó en la página anterior y agregar esto a la circunferencia del disco más grande, y sustraerlo de la circunferencia del disco más pequeño. ¿En qué medida esto cambia la pendiente? Este cambio es una buena estimación de la incertidumbre en su valor para la pendiente.
3. Introducir el mejor valor obtenido para la pendiente (incluida la incertidumbre) en el cuadro de respuesta a continuación.

Pendiente =

Porcentaje de estimación =

Porcentaje de error: A menudo en el laboratorio cuando se está midiendo algo que tiene un valor conocido o aceptado. Para comparar el resultado medido con el valor aceptado, es útil calcular el error en esa medición.

4. Comparar la respuesta obtenida con el valor aceptado calculando el porcentaje de error.

Cuestionario²

1. El diamante tallado más grande del mundo es la Primera Estrella de África (montada en el cetro real británico y guardado en la Torre de Londres). Su volumen es de

²Basado en Sears, Zemansky y Young [22]

-
- 1.84 pulgadas cúbicas. ¿Cuál será su volumen en centímetros cúbicos? ¿Y en metros cúbicos?
2. La energía en reposo E de un objeto con masa en reposo m está dada por la ecuación de Einstein $E = mc^2$ donde c es la rapidez de la luz en el vacío. Calcule E para un objeto con $m = 9.11310^{-31} \text{ kg}$ (la masa del electrón, con tres cifras significativas). La unidad del SI para E es el joule (J).
 3. Un valor aproximado, útil y fácil de recordar del número de segundos que hay en un año es $\pi \times 10^7$. Determine el error de aproximación en este valor aproximado. (Un año tiene 365.24 días).
 4. Al comer una bolsa de galletas con chispas de chocolate, usted observa que cada una es un disco circular con diámetro de $8.50 \pm 0.02 \text{ cm}$ y espesor de $0.050 \pm 0.005 \text{ cm}$.
 - a) Calcule el volumen promedio de una galleta y la incertidumbre del volumen.
 - b) Obtenga la razón diámetro/espesor y la incertidumbre de dicha razón.
 5. La longitud de un rectángulo se da como L y su anchura como W .
 - a) Demuestre que la incertidumbre de su área A es $\Delta A = L\Delta W + W\Delta L$. Suponga que las incertidumbres L y W son pequeñas, y como el producto LW es muy pequeño puede despreciarse.
 - b) Demuestre que la incertidumbre fraccionaria del área es igual a la suma de las incertidumbres fraccionarias de la longitud y la anchura.
 - c) Un cuerpo regular tiene dimensiones L , W y H . Obtenga la incertidumbre fraccionaria del volumen y demuestre que es igual a la suma de las incertidumbres fraccionarias de la longitud, la anchura y la altura.

4. Movimiento relativo en una dirección

Palabras clave

Marco de referencia inercial, rapidez, velocidad, aceleración, movimiento relativo.



Figura 4.1: Midiendo el movimiento relativo entre dos carros.

Introducción¹

Tal vez se ha notado que cuando se va en una bicicleta en compañía de algún amigo que avanza lentamente, parece que él se mueve hacia atrás cuando es rebasado, a pesar de que él sigue pedaleando para adelante, parece como si él pedaleara en reversa. A Galileo le pareció muy interesante este hecho, por lo que encontró cómo transformar la rapidez entre

¹Basado en PASCO-Scientific/P03 [7]

un marco y otro. Siglos después, Einstein ha propuesto una nueva forma de transformar la rapidez relativa cuando el objeto se mueve a una rapidez cercana a la de la luz, pero esto será tema para otra práctica. Por ahora se analizará el movimiento de un objeto visto por diferentes observadores en marcos de referencia inerciales.

Objetivo

El propósito de ésta práctica es estudiar el movimiento relativo en un marco de referencia en movimiento en una dimensión. La velocidad del carro (PAS-CAR) rojo (ver figura 4.1) medida por el sensor de movimiento del extremo derecho no es la misma que la velocidad medida por el sensor de movimiento ubicado en el carro motorizado en movimiento. Esta velocidad relativa del vehículo rojo se mide directamente por el sensor de movimiento y se compara con el valor esperado.

Cuestionario previo

Suponer dos carros que circulan en sentido contrario:

1. ¿Es la rapidez relativa entre los carros la suma algebraica? ¿Por qué?
2. ¿Cuál es el signo de la rapidez relativa? ¿Por qué?
3. ¿Por qué un automóvil que circula en sentido contrario parece tener mayor rapidez? ¿Por qué?
4. ¿Cómo podrías calcular experimentalmente el valor de π si no tuvieras la vista?
5. Existen algunos mitos en internet uno de ellos es la siguiente demostración <http://desmotivaciones.es/1167369/Pi-igual-a-4/>. Argumente porque esta demostración es falsa.
6. Sugiera una manera de medir: (a) el radio de la Tierra (b) la masa de un electrón, (c) la temperatura del Sol.

Fundamento teórico

Diseño Experimental

Tiempo estimado de armado: 10 minuto.

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
2	Sensor de movimiento PASCO	PS-2103A
1	Bases para el sistema dinámico PAS-CAR 1.2m	ME-8994
1	Sistema dinámico PAS-CAR 1.2m (carro rojo y riel)	ME-6955
1	Accesorio adaptador de carro	ME-6743
1	Carro motorizado	ME-9781
1	Base y Vela de 30cm para PAS-CAR	ME-9595
1	Parachosques elástico (4 bases y 1 liga)	ME-8998

Cuadro 4.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado del procedimiento: 40 minutos.

1. El sensor de movimiento se conecta al adaptador del carro con el tornillo $\frac{1}{4} - 20$ en la parte inferior del sensor de movimiento. Fijar el adaptador del carro en la bandeja superior del carro motorizado. Colocar el sensor de movimiento para que apunte hacia adelante y utilizar el mando grande para fijarlo en su posición.
2. El sensor de movimiento en el carro motorizado debe ser conectado al puerto 4 del PASPORT como se muestra en la figura 4.2 . Conectar el cable de alimentación del carro motorizado a la salida 1 y verificar de que esté apagado (off external setting).

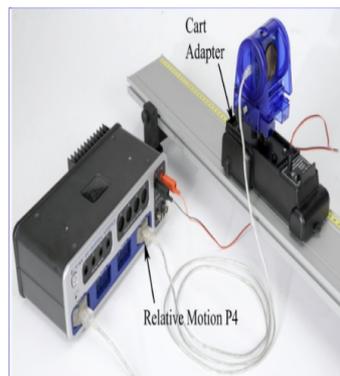


Figura 4.2: Carro motorizado con sensor de movimiento.

3. Es más fácil instalar primero el parachoques elástico (figura 4.3). El sensor de movimiento se desliza hacia el final de la pista. Este segundo sensor de movimiento debe ser conectado al puerto 1 de PASPORT. Verificar que el interruptor de rango esté en el icono "Carro" para ambos sensores.



Figura 4.3: Sensor de movimiento en la pista.

4. Montar el soporte de la vela del carro en el carro rojo. Utilizar los soportes ajustables para nivelar la pista para que el carro rojo no se mueva cuando éste se libere.
5. El sensor de movimiento en la pista medirá el movimiento del carro. El sensor de movimiento en el carro motorizado medirá desde el soporte de la vela del carro (montado en el carro), por tanto, se medirá el movimiento relativo entre los dos.

Procedimiento

1. Colocar el carro motorizado en la pista en el extremo opuesto al sensor de movimiento. Colocar el carro rojo a unos 20 cm del carro motorizado.
2. Iniciar la grabación y, a continuación, mover el carro rojo al extremo opuesto de la pista. Observar la colocación de la mano en el carro en la figura 4.4 . Detener la grabación.



Figura 4.4: Carro en movimiento.

3. Identificar los datos que corresponden a cada carro. Los datos deben ser continuos sin fallas. Girar el mango (Figura 4.3) en el sensor de movimiento para ajustar el ángulo para mejorar los datos. Tomar en cuenta que el sensor de movimiento no puede medir una distancia inferior a 15 cm.
4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función *eliminar ejecución* en la barra de control en la parte inferior. Las velocidades medidas por los sensores de movimiento en este laboratorio son cálculos que incluyen un valor absoluto. Por lo tanto, todos los valores medidos por el ordenador serán positivos. El sensor de movimiento de la pista medirá la velocidad real del carro rojo. El sensor de movimiento en el carro motorizado medirá la velocidad relativa entre los dos carros. La velocidad real del carro motorizado viene determinada por el voltaje aplicado (ver página siguiente).

No bloquear el extremo del carro a la derecha o el soporte de la vela del carro a la izquierda. El sensor de movimiento necesita ver el carro, no la mano.

5. Con el coche roto en medio de la pista, comenzar a grabar. Suavemente mover el carro rojo a la izquierda (10 a 20 cm) y luego a la derecha, después de nuevo al centro en un tiempo total de aproximadamente 5s.
6. ¿Cómo se ve? Identificar qué conjunto de datos se midió en que zona. Los datos deben ser continuos con un mínimo de fallos.
7. Una vez que el sistema esté funcionando, para obtener buenos datos de ambos sensores, eliminar todas las ejecuciones (utilizando la función *eliminar ejecución* en la barra de control en la parte inferior) y dirigirse a la página siguiente.
8. Colocar el carro motorizado en la pista en el extremo opuesto del sensor de movimiento. Colocar el carro rojo en reposo contra el parachoques elástico.

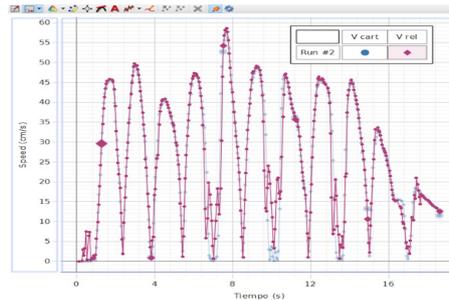


Figura 4.5: Velocidad medida por ambos sensores.

9. Ajustar la salida de voltaje CC 1 a 2.00 voltios. Iniciar la grabación y, a continuación, hacer clic en la salida *Activado* y después en la salida *Off* antes de que el carro motorizado llegue al otro extremo.
10. Tener en cuenta la velocidad del carro motorizado, utilizando la visualización de gráficos y dígitos. Ajustar el voltaje a 2.10 voltios y repetir. ¿Cómo cambia la velocidad?
11. Ajustar el voltaje para obtener la velocidad del carro motorizado lo más cerca posible a $10 \frac{cm}{s}$.
12. Ajustar la salida en el modo "Auto". Esto activará automáticamente el carro motorizado cuando inicie la grabación y lo apagará cuando deje de grabar. Realizar algunas pruebas para verificar que el carro motorizado se enciende y apaga correctamente, y que la velocidad del carro motorizado es de $10 \frac{cm}{s}$.

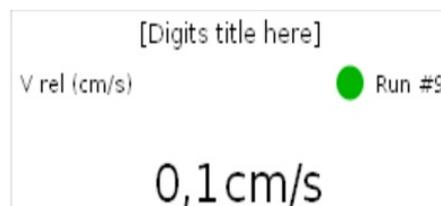


Figura 4.6: Velocidad.

13. Colocar el carro motorizado en la pista en el extremo opuesto del sensor de movimiento. Empezando con el carro rojo cerca del centro, impulsar el carro rojo (lejos del carro motorizado) hacia el sensor de movimiento en la pista, y permitir que rebote el parachoques elástico. Iniciar la grabación tan pronto como el carro cambie de dirección. Detener la grabación antes de que los dos choquen.
14. Elegir una hora en el gráfico donde se tengan datos de velocidad suave para ambos. Utilizar la herramienta de coordenadas para medir la velocidad del carro rojo.
15. Calcular la velocidad relativa. Recordar que la velocidad del carro motorizado es de $10 \frac{cm}{s}$. Para una colisión frontal, ¿Cómo se calcula la velocidad relativa? ¿Se suman las velocidades o se restan?
16. Medir la velocidad relativa del gráfico y compararla con la calculada. Repetir para otros dos ensayos.
17. Repetir para los dos carros que se mueven en la misma dirección.

18. Para cada uno de los pares de datos, comparar la velocidad medida (M) con el valor calculado (aceptado o promedio, C) usando el cálculo de porcentajes de error (E) tal como sigue en la ecuación 4.1:

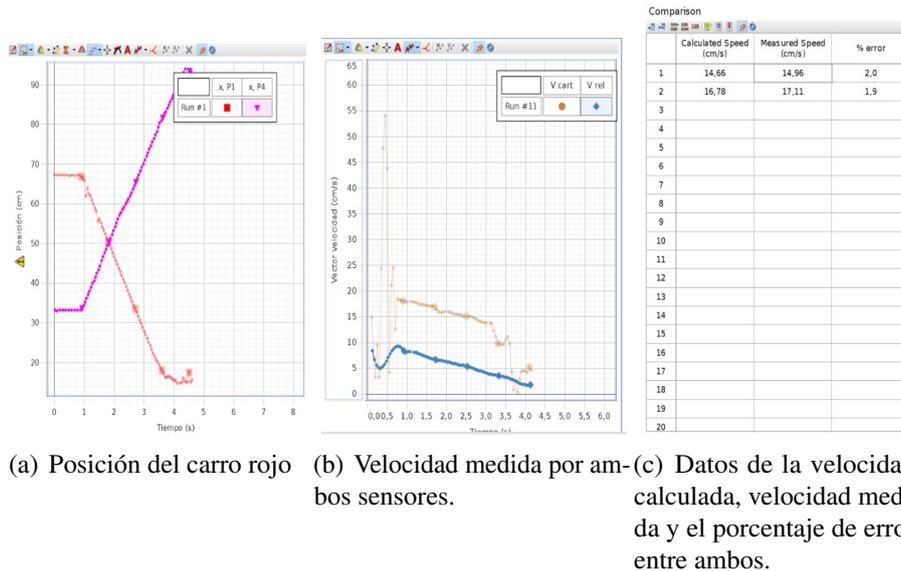


Figura 4.7: Gráficos y PASCAR

$$E = \left[\frac{M - C}{C} \right] \quad (100) \quad (4.1)$$

19. Registrar los valores en la tabla.
20. En general, ¿Qué tan bien se comparan los valores?

Cuestionario²

- ¿A qué distancia viaja hacia adelante un automóvil que se mueve a razón de 58 km/h durante un segundo de tiempo?, ¿Qué es lo que le toma ver un accidente al lado de la carretera?
- Dos trenes, cada uno a una velocidad de 34 km/h, corren uno hacia el otro en la misma vía recta. Un pájaro que puede volar a 58 km/h vuela saliendo del frente de un tren cuando los trenes están separados por una distancia de 102 km y va directamente hacia el otro tren. Al llegar al otro tren vuela de regreso hasta el primer tren y así sucesivamente. (a) ¿Cuántos viajes podrá hacer el pájaro de un tren a otro antes de que los trenes choquen?, (b) ¿Cuál es la distancia total que recorre volando el pájaro?
- Un automóvil sube una pendiente a la velocidad constante de 40 km/h y retorna cuesta abajo a la velocidad de 60 km/h. Calcule la velocidad promedio del viaje redondo.

²Basado en Resnick



5. El significado de las Gráficas

Palabras clave

Gráficos de posición y velocidad en función del tiempo, sensor de movimiento, velocidad, tiempo.

Introducción¹

En la vida cotidiana es útil resumir los datos de las tablas en una gráfica con el objetivo de visualizar la tendencia del comportamiento del fenómeno físico. En esta práctica se utiliza el sensor de movimiento para detectar el movimiento de una persona moviéndose hacia atrás y adelante por medio del sensor de movimiento a lo largo de una línea recta a diferentes velocidades. El desafío es moverse de tal manera que una parte del movimiento coincida con el gráfico que se proporciona. Esta es una excelente manera de aprender lo que significan las gráficas.

Objetivo

El propósito de esta actividad es explorar y reproducir las diversas gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo.

Cuestionario Previo

- ¿Describe cuáles deberían ser los movimientos necesarios que se deben hacer para reproducir las gráficas 2,3,4,5,6,7,8 y 9 ?

¹Basado en PASCO-Scientific/P04 [8]

Fundamento Teórico

La relación entre rapidez (v), posición (x) y tiempo (t) esta descrita como la pendiente de la gráfica x vs t . La pendiente se puede calcular como:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (5.1)$$

El valor de la pendiente nos indicará el ritmo al que un objeto se acerca se acerca o aleja. De la misma manera, la pendiente de la gráfica v vs t nos describirá la aceleración del objeto (a), la cual puede ser calculada como:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (5.2)$$

Al hacer el análisis de la pendiente, nos indicará el ritmo al que el objeto se acelera o desacelera.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de movimiento	PS-2103A
1	Vela de carro	ME-9595
1	Abrazadera de mesa	ME-9707
1	Barra de 45 cm	ME-8736

Cuadro 5.1: Material.

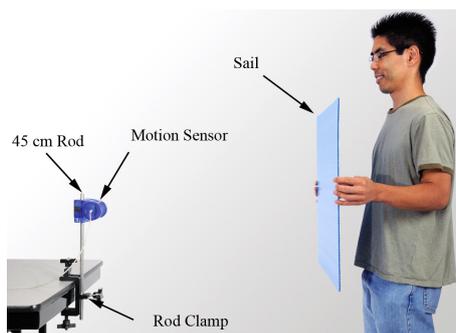


Figura 5.1: La vela azul grande del carro se utiliza como blanco para mejorar los resultados del gráfico usando el sensor de movimiento.

Instalación del equipo

Tiempo estimado de armado: 2 minutos.

1. Utilizar la abrazadera de varilla y la varilla de 45 cm para sujetar el sensor de movimiento a la mesa, como se muestra en la figura 5.1. Se necesitará al menos 3 metros de espacio vacío delante del sensor.
2. Conectar el sensor de movimiento a la interfaz y ajustar el sensor de movimiento en el ajuste "personas".
3. Dirigir el sensor de movimiento a la sección media cuando se esté de pie frente al sensor. Colocar la vela azul del ME-9595 (ver Figura 5.1) delante del cuerpo para mejorar los resultados, puesto que una reflexión de diversas partes del cuerpo mientras se mueve se puede imitar el movimiento rápido hacia adelante y hacia atrás.
4. Colocar el monitor del ordenador para que se pueda ver la pantalla al alejarse del sensor de movimiento.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 40 min.

1. Permanecer 1 metro delante del sensor de movimiento, sosteniendo la vela como se muestra en la figura 5.1.
2. Comenzar a grabar. El Sensor de Movimiento hará un débil sonido y el LED verde parpadeará para indicar que está encendido.
3. Después de comenzar la grabación, realizar una cuenta regresiva de tres segundos antes de que comience la grabación de datos, para alcanzar a posicionarse. Observar el reloj en la parte inferior de la pantalla moverse cuando este llegue a cero.
4. Caminar hacia el sensor y después alejarse, mirando el gráfico mientras se mueve. La grabación se detendrá automáticamente después de 10 segundos. ¿El gráfico registró correctamente la posición?
5. En cada una de las siguientes páginas, hay un gráfico que se tratará de reproducir. Los tres primeros son gráficos de posición, y los cuatro siguientes son gráficos de velocidad. Para los gráficos de velocidad, se debe comenzar a $\frac{1}{2}$ metro del Sensor de Movimiento. Para los gráficos de posición, se puede ver la distancia inicial en el gráfico, y se debe iniciar en dicha posición. También se puede marcar la posición en el suelo con algún tipo de cinta.
6. Intentar reproducir el gráfico moviéndose hacia delante o hacia atrás. La pantalla de puntuación mostrará que tanto se coincide con el gráfico. Cuanto más cerca de 100, mejor. Es bastante fácil conseguir una puntuación por encima de 95 en las gráficas de posición. Las gráficas de velocidad son más difíciles y las puntuaciones por encima de 80 son buenas.
7. Comenzar a grabar. Comenzar una cuenta regresiva de tres segundos y reproducir el gráfico. La grabación se detendrá automáticamente después de 10 segundos.
8. Repetir el proceso de registro de datos tantas veces como sea necesario (sí el tiempo lo permite) para obtener la mejor coincidencia. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función "Eliminar" en la barra de control inferior. Si se desea examinar una ejecución anterior, se deberá utilizar el triángulo negro mediante el icono *seleccionar ejecución* en la barra de herramientas de gráficos situada encima del gráfico.
9. Ver que compañero puede obtener la mejor puntuación. En un pedazo de papel, escribir que ejecuciones fueron las mejores y quien las hizo.

10. Repetir el proceso para el resto de los gráficos.

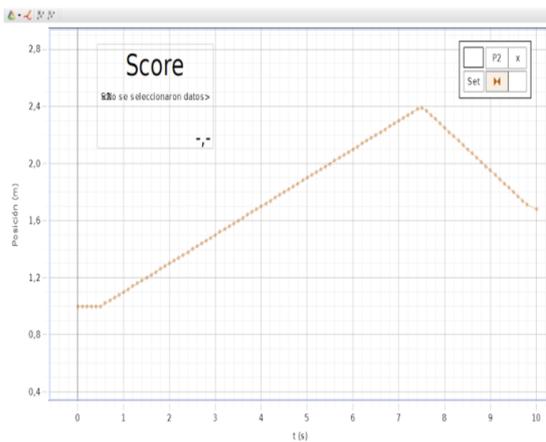
Cuestionario

Gráficas de posición

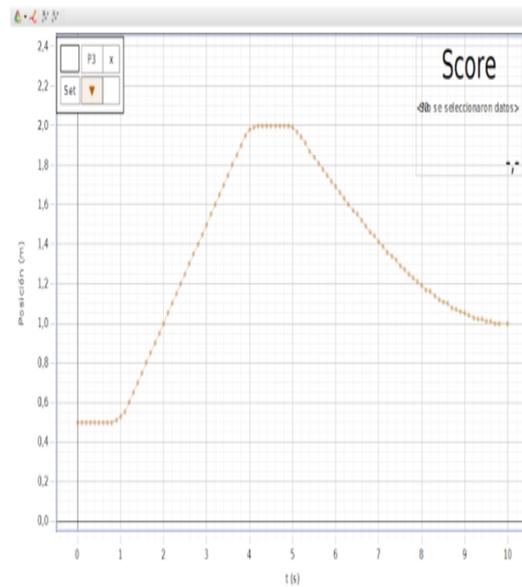
1. ¿Qué significa una línea horizontal?
2. ¿Cuál es la diferencia entre las partes de la gráfica con pendiente positiva y las partes con pendiente negativa?
3. En la gráfica Posición 3, ¿Qué está ocurriendo entre los 5 y 10 segundos?
4. ¿Qué partes de la gráfica fueron más fáciles de reproducir? ¿Qué partes de la gráfica fueron las más difíciles de reproducir? ¿Por qué?

Gráficas de velocidad

1. ¿Qué significa una línea horizontal?
2. ¿Cuál es la diferencia entre las partes de la gráfica con pendiente positiva y las partes con pendiente negativa?
3. Considerar la gráfica de Velocidad.
4. ¿Cuál es la diferencia entre los lugares donde la pendiente es grande y lugares donde está cerca de cero?
5. Considerar la gráfica de Velocidad 2. ¿Dónde está la aceleración más grande? ¿Cuál es la velocidad en ese punto?
6. ¿Cuál era más difícil de reproducir, los gráficos de posición o velocidad? ¿Por qué?

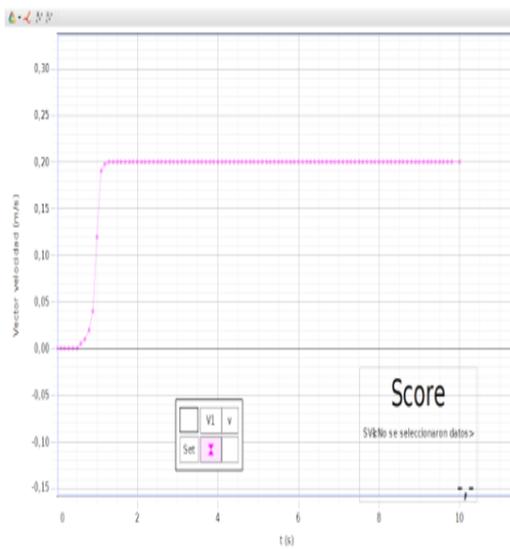


(a) Gráfico de posición 1.

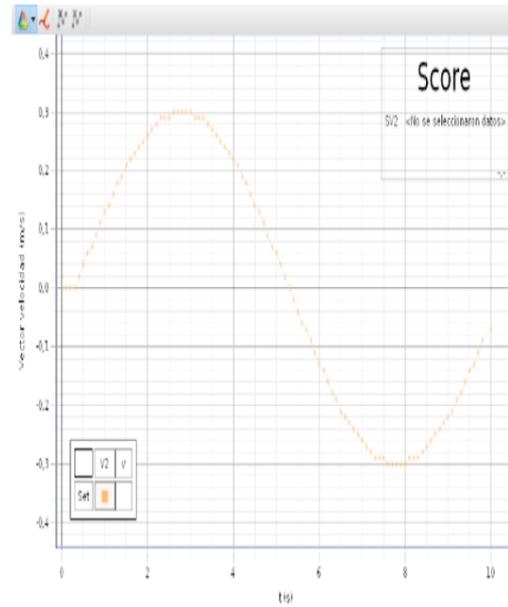


(b) Gráfico de posición 2.

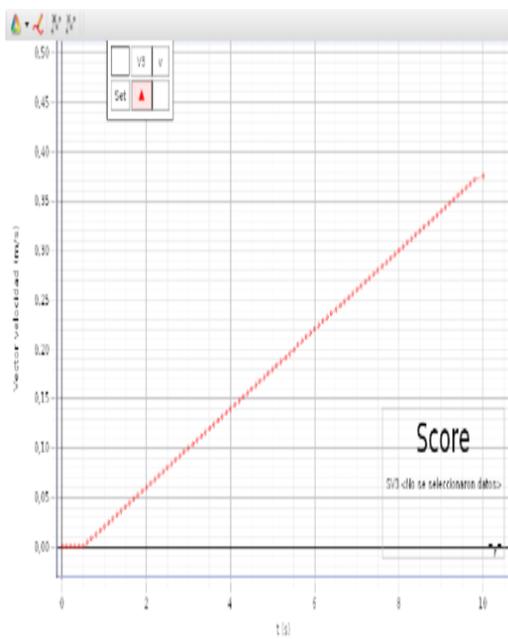
Figura 5.2: Gráficos de posición contra tiempo.



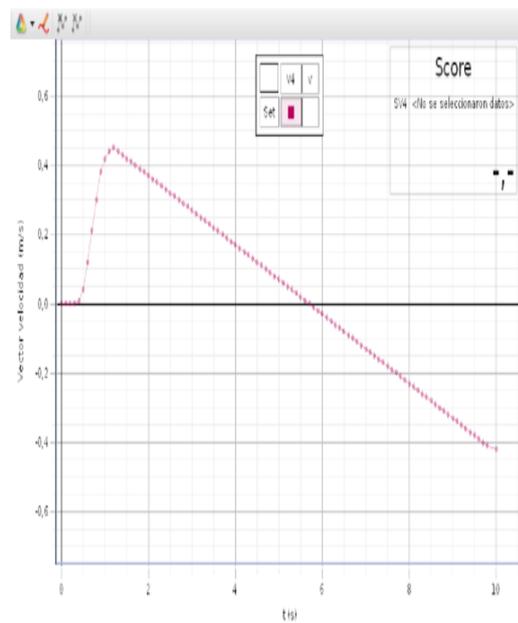
(a) Gráfico de velocidad 1.



(b) Gráfico de velocidad 2.



(c) Gráfico de velocidad 3.



(d) Gráfico de velocidad 4.

Figura 5.3: Gráficos de velocidad contra tiempo.



6. Rapidez instantánea y promedio

Palabras clave

Rapidez media, velocidad, rapidez instantánea, promedio, plano inclinado.

Introducción¹

Es común hablar indistintamente de rapidez promedio e instantánea, pero por lo general, no es cierto y menos para una pista inclinada. A medida que los intervalos de tiempo se hacen más pequeños, la rapidez media del carro puede tender a un valor instantáneo. En el límite que el intervalo va a cero, la velocidad media aproxima el valor de la velocidad instantánea del carro.

Objetivo

En esta práctica se pretende demostrar la diferencia entre rapidez instantánea y promedio, así como aprender a calcular la rapidez instantánea y el promedio.

Cuestionario previo

1. ¿Cuál es la semejanza y diferencia entre la rapidez instantánea y la rapidez promedio?
2. Considerando el movimiento rectilíneo, ¿Los valores de la rapidez instantánea es igual a la rapidez promedio?
3. Considerando el movimiento uniformemente acelerado, ¿Los valores de la rapidez instantánea es igual a la rapidez promedio?

¹Basado en PASCO-Scientific/P05 [9]

Fundamento teórico

La rapidez promedio se define como el cociente del intervalo de la distancia ($\Delta x = x_f - x_i$) y el tiempo ($\Delta t = t_f - t_i$), es decir:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (6.1)$$

Mientras que la rapidez instantánea se define casi de la misma manera pero acotando el límite Δt a cero, es decir:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (6.2)$$

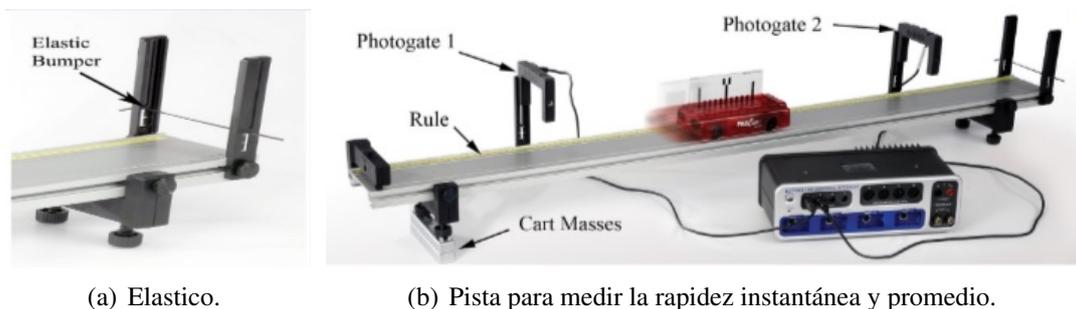
La última igualdad de la ecuación 6.2 es justo la definición de la derivada de la posición x con respecto al tiempo t . Aparentemente no parece existir una diferencia entre las rapidez v y \bar{v} , sin embargo, el comprender la definición del *límite* hace la gran diferencia.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sistema dinámico PAS-CAR 1.2m (2 masas en barra de peso de 250 gr.)	ME-6955
2	Barra de peso de 250gr.	ME-6955
1	Temporizador Inteligente Picket-Fence (Regla Cebra)	ME-8933
1	Parachoques Elástico (que incluye 2 soportes para fotoc compuerta)	ME-8998
2	Sensor fotoc compuerta	ME-9498A

Cuadro 6.1: Material.



(a) Elástico.

(b) Pista para medir la rapidez instantánea y promedio.

Figura 6.1: Montaje del equipo.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Instalar los dos soportes de la fotoc compuerta en la pista del lado con la regla, como se muestra en la figura 6.1. Utilizar las masas de carro para inclinar la pista.

2. Instalar el tope final en la parte superior del plano inclinado y un parachoques elástico (ver figura 6.1) en la parte inferior.
3. La fotoc compuerta en la parte superior del plano inclinado debe ser conectada en la entrada digital 1, y la fotoc compuerta en la parte inferior del plano inclinado en la entrada digital 2 (ver figura 6.2).
4. Colocar el PAS-CAR sobre la pista (incluyendo la *regla cebra*), verificar que el extremo del carro con el velcro esté en el extremo superior (ver figura 6.2). Esto asegura que los imanes en el PAS-CAR y los imanes en el tope fijo superior no interactúen.
5. Ajustar la altura de las fotoc compuertas de manera que las marcas (o banderas) en la parte superior de la cerca interrumpan el haz cuando el PAS-CAR se mueva. Observar la luz indicadora en la parte superior de la fotoc compuerta.



(a) Conexiones de las fotocompuestas al 850

(b) Carro

Figura 6.2: Partes del material

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

Configurar las fotocompuestas dando clic en el menú *Configuración* del temporizador en los modos *velocidad* de la puerta 1 y *Velocidad* en la puerta 2, respectivamente.

1. Colocar la fotocompuesta superior en la marca de 100 cm, y la fotocompuesta inferior en la marca de 20 cm.
2. Hacer clic en vista previa para iniciar dicho modo. Los datos no se almacenarán hasta que se guarde la muestra. Mover el PAS-CAR a la parte superior del plano inclinado, usando el tope final superior para arrancar el carro en la misma posición cada vez. Soltar el carro, permitiendo así que ruede libremente por la pista, pero no se debe dejar que rebote a través de la fotocompuesta.
3. Cuando se seleccione la opción *guardar muestra*, se guardará ese par de puntos de datos en la figura 6.3. No detener. Mover el carro a la parte superior de la pendiente y permitir que vuelva a rodar. Dado que hay incertidumbre en la medición, se deberán tomar varias ejecuciones. Observar que los valores medios se calculan en la parte inferior de la figura 6.2.

Recursos

4. Cuando se obtengan los valores estables para las velocidades, detener la grabación y registrar estos dos números en la fila 1 de la tabla 6.3 en Velocidad 1 y Velocidad 2.

	Run #21 Velocidad en puerta 1, Ch 1 (cm/s)	Run #21 Velocidad en puerta 2, Ch 2 (cm/s)
1	57,94	
2	58,05	
3	58,00	
4	58,08	
Media	58,01	--
Desv. Est.	0,06	--

Figura 6.3: Tabla para recolectar la velocidad en la puerta 1 y 2

Posición (cm)	Distancia (cm)

Cuadro 6.2: Datos de posición y distancia para diferentes corridas.

Nota: La velocidad media se calcula en la última columna.

5. Mover las fotocpuertas a las posiciones de 25 y 95 cm y repetir los pasos 2 a 4.
6. Repetir para todas las posiciones enumeradas en el cuadro 6.2. Observar que un gráfico de la velocidad media contra la distancia se está dibujando en la página siguiente.
7. Mover la fotocpuerta inferior fuera del camino y colocar la fotocpuerta superior en la posición de 60 cm. Medir la velocidad del carro varias veces para obtener un promedio. Esta es la velocidad instantánea del carro en el punto medio.

Cuestionario²

1. Observar la forma del gráfico de velocidad media en función de la distancia. En el límite que la distancia entre las fotocpuertas tiende a cero, la velocidad media se aproxima al valor de la velocidad instantánea del carro en ese punto medio de 60 cm. Si se extrapola la curva para una distancia de espacio cero, ¿Qué valor se obtiene para la velocidad media?

²Basado en **resnick**

Velocidad 1 ($\frac{cm}{s}$)	Velocidad 2 ($\frac{cm}{s}$)	Velocidad media ($\frac{cm}{s}$)

Cuadro 6.3: Datos de velocidad 1, 2 y su promedio.

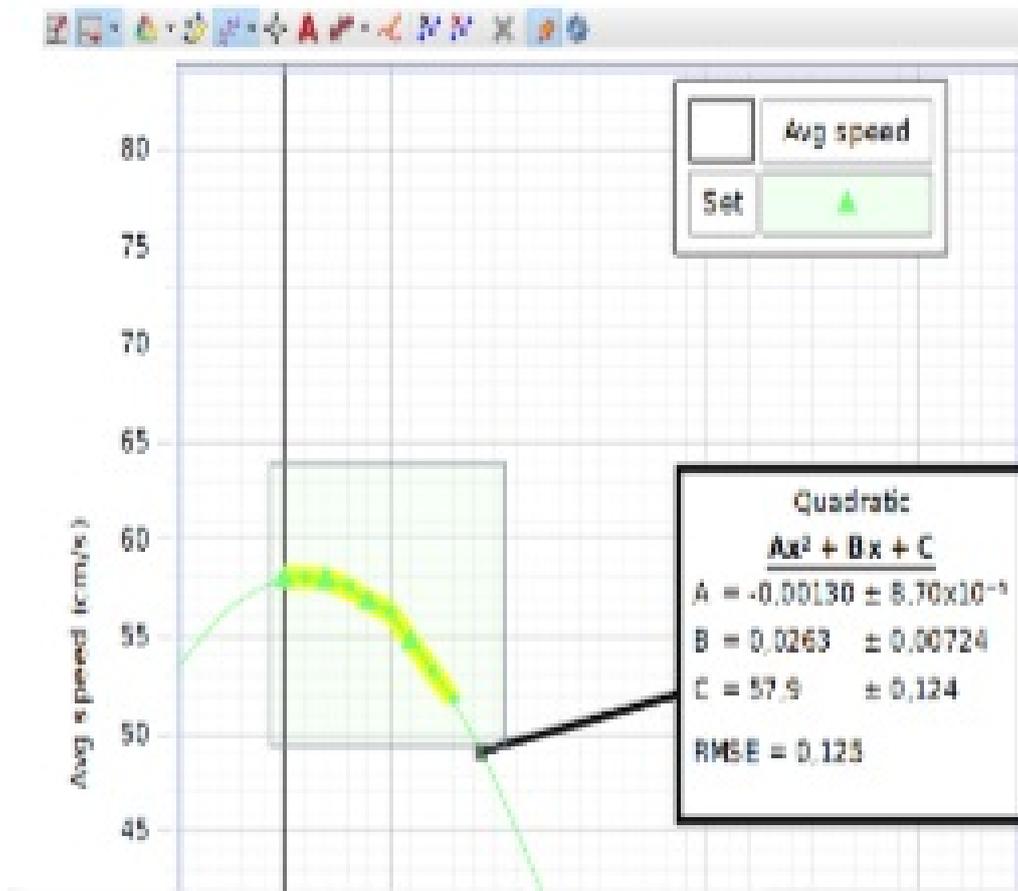


Figura 6.4: Ajuste cuadrático

2. Utilizar un ajuste de curva para los datos. Un ajuste polinomial debería funcionar. Sí se abre el ajuste del editor de curvas (barra de herramientas izquierda) se puede cambiar el número de términos del polinomio. ¿Qué valor se obtiene para la velocidad media?
3. Comparar el valor de la velocidad media con el espaciado cero con la velocidad instantánea real que se midió en el número 7 de la página anterior.
4. La posición de una partícula que se mueve a lo largo del eje x está dada en centímetros por $x = 9.75 + 1.50t^3$, donde t está en segundos. Considere el intervalo de tiempo de $t = 2$ a $t = 3$ y calcule (a) la velocidad promedio; (b) la velocidad instantánea en $t = 2$ s, (c) la velocidad instantánea en $t = 3$ s; (d) la velocidad instantánea en $t = 2.5$ s; y (e) la velocidad instantánea cuando la partícula está a medio camino entre sus posiciones en $t = 2$ s y $t = 3$ s.

5. Un estudiante de la ENES viaja en la carretera de Morelia a Uruapan, en la mitad de tiempo a 70. km/h, en el viaje de regreso usted viaja la mitad de la distancia a 70. km/h y a la otra mitad a 90 km/h. ¿Cuál es la rapidez promedio para los siguientes tres casos?
(a) de Morelia a Uruapan, (b) de Uruapan a Morelia y (c) Para todo el viaje?



7. Posición y velocidad

Palabras clave

Velocidad, rapidez, posición, velocidad constante, velocidad media y velocidad instantánea.

Introducción¹

Un cuerpo en movimiento, se puede describir por diferentes variables, pero las variables que son esenciales para describir su movimiento, es describir la posición en función del tiempo. A partir de estas dos variables se puede conocer la rapidez y su aceleración. La rapidez es la magnitud escalar del vector velocidad, y en este experimento, el vector velocidad es en una dimensión (el movimiento del carro solo ocurre sobre el riel), por lo que resulta que la primer componente del vector velocidad es exactamente la rapidez. Un sensor de movimiento se utiliza para medir la posición del carro motorizado en la pista. Se crean gráficos de posición en función del tiempo y la velocidad se calcula midiendo las pendientes de estos gráficos.

Se implementan tres escenarios diferentes para investigar las diferencias entre velocidad constante, velocidad media y velocidad instantánea.

Objetivo

El propósito de este experimento es investigar la relación entre posición y velocidad por medio de gráficas.

¹Basado en PASCO-Scientific/P06 [10]

Cuestionario previo

1. ¿El velocímetro de un automóvil mide rapidez o velocidad? ¿Por qué?
2. ¿Por qué el cociente de la diferencia de posición con respecto al intervalo de tiempo es la rapidez?
3. Considerando la gráfica de la posición vs tiempo ¿Por qué la pendiente es la rapidez?
4. De la misma gráfica anterior, ¿Qué se puede decir de la rapidez si se obtiene una pendiente como en los siguientes tres casos? (a) positiva, (b) negativa, (c) cero.
5. ¿Cómo es que los astrónomos pueden determinar la velocidad de la expansión del Universo?

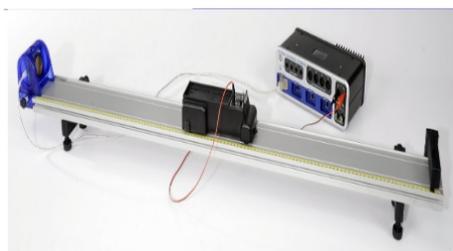


Figura 7.1: Medición de posición del carro motorizado.

Fundamento teórico

Tal como vimos en la práctica anterior, la rapidez instantánea se define como:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (7.1)$$

La posición de una partícula puede ser determinada a partir de integrar la ecuación 7.1. En este caso trabajamos en una dimensión (1D), con la finalidad de estudiar el movimiento de un cuerpo sobre una línea recta (movimiento rectilíneo).

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sistema dinámico PAS-CAR de 1.2 metros	ME-6955
1	Carro motorizado	ME-9781
1	Parachoques elástico	ME-8998
1	Sensor de movimiento	PS-2103A

Cuadro 7.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Armar la pista con las bases y el parachoques como se muestra en la figura 7.1. Conectar el sensor de movimiento a la pista y conectarlo al 850. Verificar que el interruptor de rango esté en el icono de carro.
2. Conectar el cable de alimentación del carro motorizado en la salida 850 número 1, y verificar que el interruptor en el carro esté apagado.

Procedimiento

Tiempo estimado de armado: 50 min.

1. Colocar en la parte trasera del riel el carro motorizado aproximadamente a los 20 cm. Esta será la posición inicial del carro para cada ejecución. Regresar siempre el carro a esta posición.
2. Verificar que la salida 850 está ajustada en DC con una tensión de 2 voltios. Encender y apagar la salida para asegurar que todo funcione.



Figura 7.2: Gráfico de velocidad constante

3. Iniciar la grabación de datos. Encender y apagar la salida para obtener buenos datos de posición.
4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función *eliminar ejecución* en el panel de control en la parte inferior.
5. Cuando todo esté funcionando adecuadamente, hacer clic en "Auto" en el control de salida. Esto hará que la salida se active automáticamente cuando se inicie la grabación. Se puede detener la grabación en cualquier momento que se desee, pero también hay una condición de parada incorporada que detendrá el carro antes de que llegue al parachoques.
6. Obtener datos de posición en función tiempo para el carro, repetir para un voltaje de 3 y 4 voltios.

7. Pasar a la siguiente página cuando se obtengan los tres resultados en el gráfico.

Medición de pendientes

1. En el software, aplicar un ajuste lineal en la gráfica 1 de posición en función del tiempo.
2. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente y cuáles son sus unidades?
3. ¿Qué tan lineales son sus datos, y era esta velocidad realmente constante?
4. ¿Cuál es el significado físico de la intersección de y en la gráfica? y ¿Cuáles son sus unidades?
5. Aplicar un ajuste lineal a las otras dos curvas.

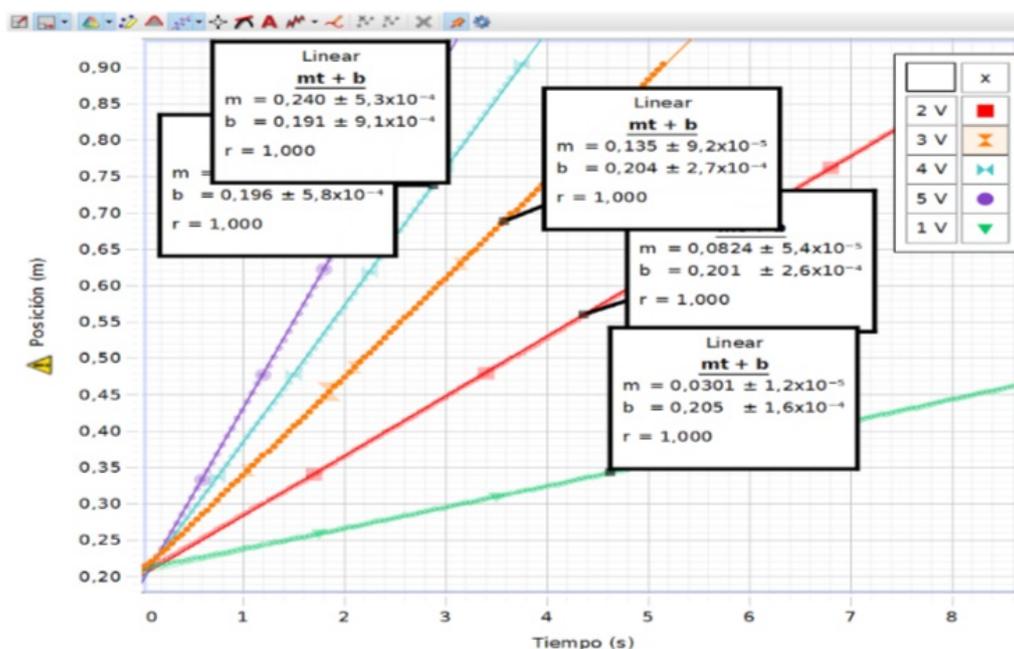


Figura 7.3: Gráfica de diversas posiciones en función del tiempo para velocidad constante.

Velocidad no constante

1. Confirmar que la salida del 850 esté seleccionada en "onda cuadrada" con un $\frac{\text{voltaje}}{\text{amplitud}}$ de 2 volts, y un voltaje offset de 2 volts. Con la frecuencia a 1 Hz, el carro podrá correr por $\frac{1}{2}$ segundo, apagado por $\frac{1}{2}$ segundo, encendido $\frac{1}{2}$ segundo, etc. Con el botón "Auto", el carro se detendrá antes de llegar al final.
2. Iniciar la grabación. Obtener datos de posición en función del tiempo para el carro. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas usando la opción eliminar ejecución en el panel de control que está en la parte inferior.
3. Calcular la velocidad promedio del carro para una ejecución entera por medición de los Δx y Δt .
4. Aplicar una curva de ajuste. ¿Cómo se compara esta velocidad con la velocidad promedio calculada?
5. Utilizar la herramienta de selección para resaltar una sección pequeña de los datos cuando el carro esté en movimiento con velocidad constante. ¿Cómo es esta velocidad comparada con la velocidad promedio de la ejecución entera?

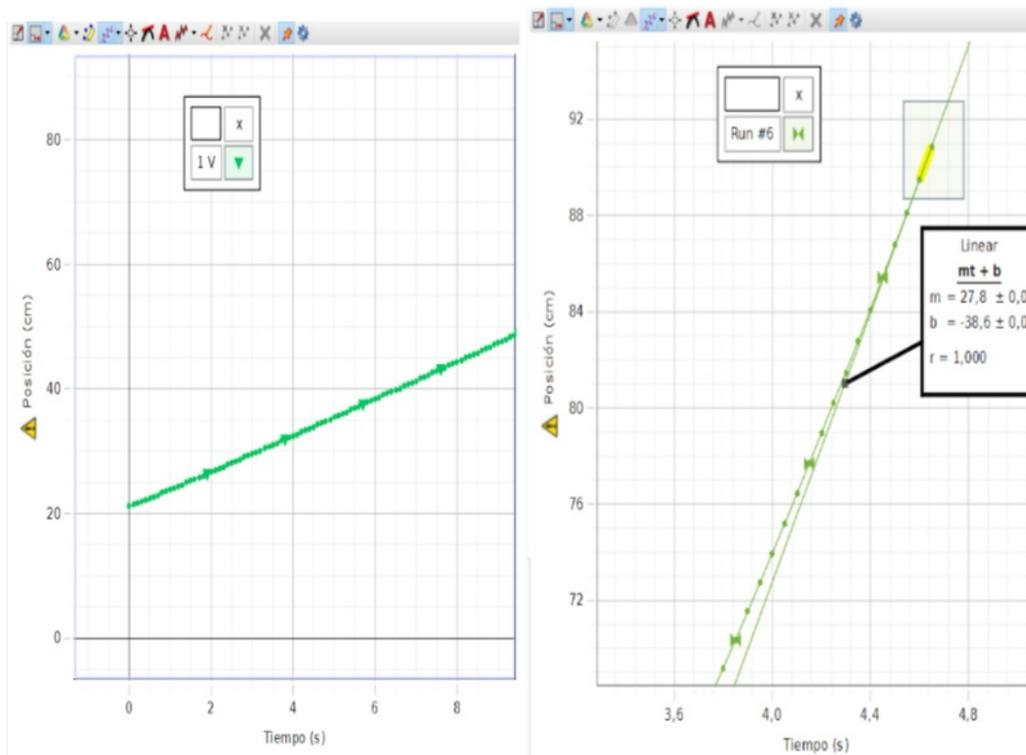


Figura 7.4: Gráficos de la posición vs tiempo para encontrar la Velocidad instantánea

6. Confirmar que la salida 850 está ajustada en rampa positiva con una amplitud de voltaje de 4 voltios, y una amplitud de voltaje de 1 voltio. Con la frecuencia establecida en 0.1 Hz, el carro aumentará su velocidad en un período de 10 segundos, la parada automática debe detenerlo antes de que llegue al final.
7. Iniciar la grabación. Obtener una buena ejecución de posición en función del tiempo para el carro. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función eliminar ejecución.
8. Calcular la velocidad media del carro para todo el recorrido midiendo el total Δx y Δt .
9. Seleccionar un ajuste de curva lineal. ¿Cómo se compara esta velocidad con el cálculo del promedio total realizado?
10. Utilizar la herramienta de selección para resaltar sólo aproximadamente 1 segundo de datos. Después, se puede desplazar esta selección para encontrar la velocidad media en diferentes ubicaciones.
11. Utilizar la herramienta de selección para los datos iniciales y reducir el tamaño de la sección mientras se observa la pendiente. En el límite que se reduce este tamaño a lo más pequeño posible, la pendiente se acerca a la velocidad instantánea del carro. Utilizando este método, medir la velocidad mínima y máxima del carro.

Cuestionario²

1. ¿Cómo es que los astrónomos pueden determinar la velocidad de la expansión del Universo?
2. Existen algunas situaciones en donde no conocemos la posición, pero sí la velocidad en un movimiento rectilíneo. ¿Cómo obtenemos la posición a partir de la función de la velocidad?
3. Un automóvil viaja en la dirección +x sobre un riel nivelado horizontalmente. En los primeros 4 segundos de su movimiento, la velocidad media del automóvil es $V_{med} = 6.25m/s$. ¿Qué distancia viaja el automóvil en 4 segundos?
4. En un experimento, se retiró a una Pardela (ave marina) de su nido, se le llevó a 5150 km de distancia y luego fue liberada. El ave regresó a su nido 13.5 días después de haberse soltado. Si el origen es el nido y extendemos el eje +x al punto de liberación, ¿Cuál fue la velocidad media del ave en m/s para los dos siguientes casos? a) en el vuelo de regreso y b) desde que se retiró del nido hasta que regresó.
5. Viaje a casa. Suponga que usted normalmente conduce por la autopista que va de San Diego a Los Ángeles con una rapidez media de 105 km/h (65 km/h) y que el viaje le toma 2 h y 20 min. Sin embargo, un viernes por la tarde el tráfico le obliga a conducir la misma distancia con una rapidez media de solo 70 km/h (43 min/h). ¿Cuánto tiempo más tardará el viaje?
6. Un Honda Civic viaja en línea recta en carretera. Su distancia x de un letrero de alto está dada en función del tiempo t por la ecuación $x(t) = at^2 - bt^3$; Donde $a = 1.50m/s^2$ y $b = 0.0500m/s^3$. Calcule la velocidad media del auto para los intervalos a) t = 0 a t = 2.00 seg; b) t = 0 a t = 4.00 seg; c) t = 2.00 seg a t = 4.00 seg.

²Basado en Sears, Zemansky y Young [22]



8. Velocidad y aceleración

Palabras clave

Velocidad, aceleración, trayectoria, gráfica.

Introducción¹

Haga un experimento pensando, en el cual un astronauta se mueve en un cohete para ir al espacio. Cuando el cohete acelera hacia adelante y comienza a aumentar su rapidez, entonces el astronauta sentirá que su cuerpo es empujado hacia atrás, es decir, hacia su asiento. Después de unos minutos, el cohete alcanza una velocidad constante, por lo que no hay aceleración y entonces el astronauta no tendrá ninguna sensación. Pero si repentinamente el cohete activa los propulsores de frenado, entonces el astronauta sentirá que es empujado hacia el frente. En esta práctica se analiza la relación de la velocidad y la aceleración (en las siguientes prácticas se analizarán las causas) utilizando un sensor de movimiento para medir el movimiento de un carro motorizado y un carro con ventilador. Los gráficos de posición y velocidad se analizan para velocidad constante, y aceleración constante. La salida de la interfaz 850 se utiliza para controlar la velocidad del carro motorizado.

Objetivo

El estudiante describirá y calculará la aceleración de un carro motorizado a diferentes rapidezces, ya sea constante o variable.

¹Basado en PASCO-Scientific/P07 [11]

Cuestionario previo

1. ¿Por qué la aceleración es un vector?
2. ¿Por qué es fácil confundir la velocidad con la aceleración?
3. Ejemplifique un caso en el que la aceleración tiene una sola componente y otro caso en donde podría tener dos componentes.
4. ¿En qué caso se podría ser equivalente la aceleración con la atracción gravitatoria?
5. Suponga que se hace un hoyo en la Tierra que va de extremo a extremo y se deja caer un bola de masa m ¿Qué le pasará al objeto durante el trayecto?. Describe su trayectoria, fuerza y aceleración (Pista: omitir la resistencia del aire o la estructura de la Tierra)
6. ¿Un objeto con aceleración constante puede invertir la dirección en la que se mueve? ¿Puede invertirla dos veces?

Fundamento teórico

La aceleración es la segunda derivada de posición con respecto al tiempo o de manera equivalente, la aceleración es la primer derivada de la velocidad con respecto al tiempo.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sistema dinámico PAS-CAR de 1.2 metros	ME-6955
1	Carro motorizado	ME-9781
1	Carro con ventilador	ME-6977
1	Parachoques elástico	ME-8998
1	Sensor de movimiento	PS-2103A

Cuadro 8.1: Material.

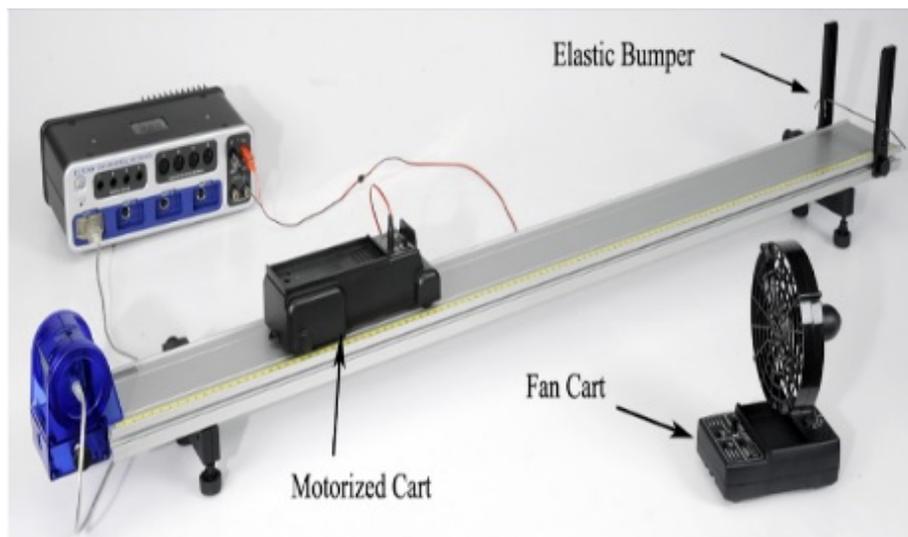


Figura 8.1: Instalación del equipo.

Instalación del Equipo

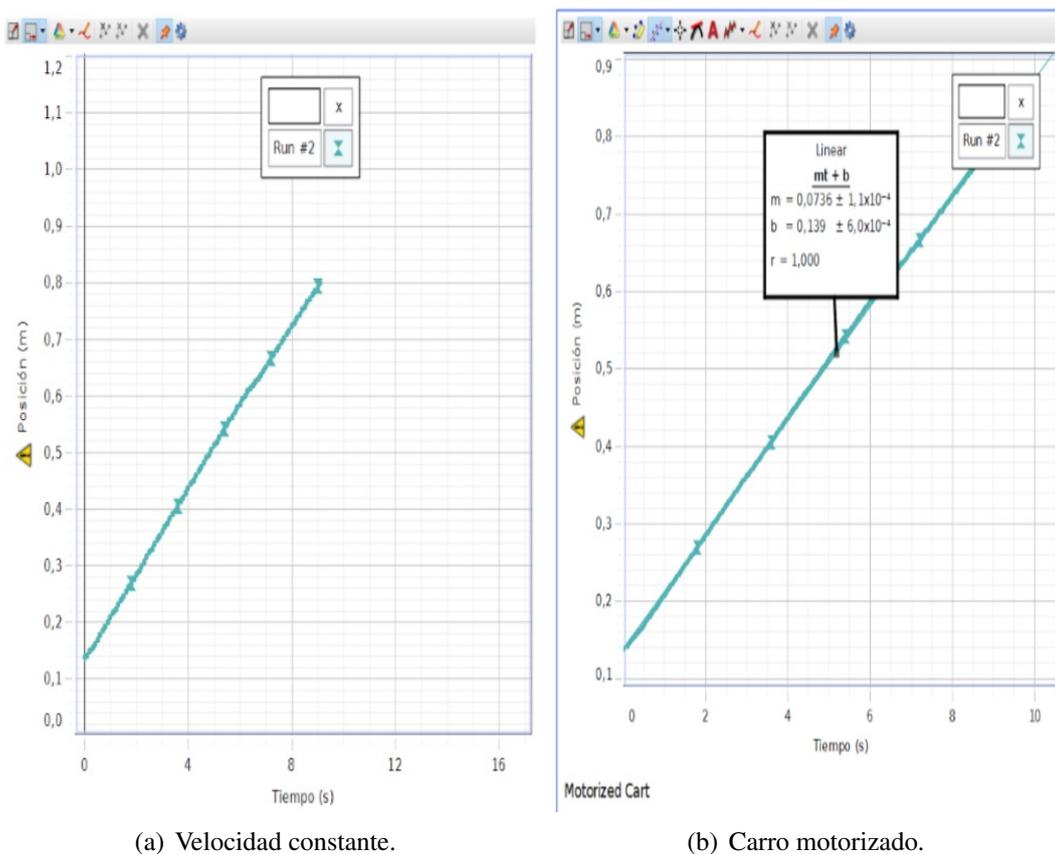
Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Armar la pista como se muestra en la figura 8.1. Tener en cuenta que el sensor de movimiento está en el extremo de la pista, que es el punto cero de la regla amarilla. Conectar el sensor de movimiento al 850 y verificar que el interruptor de rango esté en el icono carro.
2. Conectar el cable de alimentación del carro motorizado en la salida 850 número 1, y verificar que el interruptor en el carro esté apagado. El carro del ventilador no se utilizará hasta más adelante en el experimento.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

1. Colocar la parte trasera del carro motorizado en la marca de 20 cm. Regresar el carro a esta posición para comenzar una nueva ejecución.
2. Confirmar que la salida 850 1 está ajustada en DC con un voltaje de 2 voltios. Encender y apagar la salida para que todo funcione bien.
3. Iniciar la grabación de datos. Encender y apagar la salida para obtener buenos datos de posición.
4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función eliminar ejecución en el panel de control en la parte inferior.
5. Cuando todo esté funcionando adecuadamente, hacer clic en "auto" en el control de salida. Esto hará que la salida se active automáticamente cuando se inicie la grabación. Se puede detener la grabación en cualquier momento, pero también hay una condición de parada incorporada que detendrá el carro antes de que llegue al parachoques.
6. Obtener la ejecución de posición en función del tiempo, luego abrir la ventana "resumen de datos" y etiquetar esta ejecución como "Carro motorizado".



(a) Velocidad constante.

(b) Carro motorizado.

Figura 8.2: Graficos

Velocidad

Si $x(t)$ es una función que describe la posición de un objeto como una función del tiempo, entonces la velocidad del objeto está dada por:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \quad (8.1)$$

La primera derivada de la función de posición. Gráficamente, la velocidad es la pendiente del gráfico de posición.

1. Para el gráfico de posición del carro motorizado, ¿Cómo varía la pendiente durante la carrera?
2. Seleccionar un ajuste de curva lineal en la barra de herramientas del gráfico.
3. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente? ¿Tiene unidades?
4. ¿Cuán lineales son sus datos? ¿Era esta velocidad constante?
5. ¿Cuál es el significado físico de la intersección (y) en la gráfica? ¿Tiene unidades?

Carro con ventilador

Instalación del equipo

Tiempo de armado: 2 minutos.

1. Colocar el carro del ventilador en la pista como se muestra en la figura 8.3 . El ventilador puede girar sobre su base, la parte frontal debe estar apuntando hacia el

sensor de movimiento, con el indicador de ángulo puesto a cero grados.

2. Ajustar el nivel de la pista para que el carro se desplace ligeramente hacia abajo, para compensar la fricción. Colocar el carro ligeramente hacia la derecha (lejos del sensor de movimiento). Si se acelera, la pista está demasiado empinada.
3. Encender el carro del ventilador (ver figura 8.3) presionando el botón de encendido. El carro del ventilador está ahora en modo de espera, y la velocidad del ventilador debe ajustarse a baja. Presionar nuevamente el botón de encendido para iniciar y detener el ventilador.



(a) Encendido del ventilador. (b) Movimiento del carro con ventilador. (c) Ajustar la velocidad del ventilador.

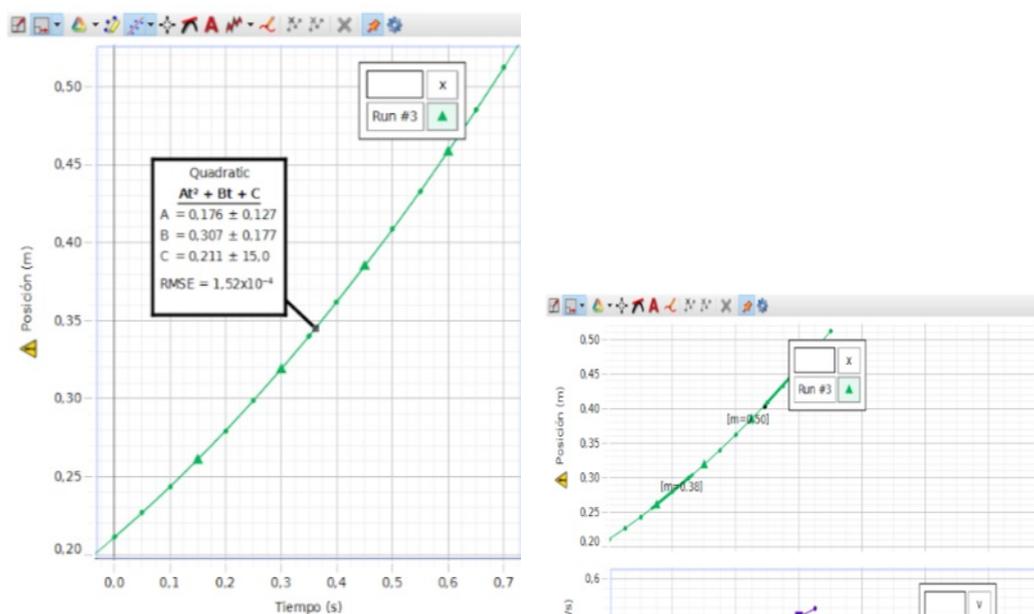
Figura 8.3: Ajuste del material.

4. Presionar el botón de velocidad del ventilador (ver figura 8.3) para cambiar la velocidad al ajuste medio. Presionar de nuevo el botón de encendido para iniciar y detener el ventilador.

Procedimiento

1. Colocar la parte posterior del carro del ventilador en la marca de 15 cm.
2. Verificar que la velocidad del ventilador esté en el ajuste medio. Presionar el botón de encendido para encender el ventilador, mantener el carro en la marca de 15 cm.
3. Iniciar la grabación de datos y, a continuación, soltar el carro. No habrá datos trazados en el gráfico hasta que el carro haya alcanzado la marca de 20 cm debido a la condición de inicio.
4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función *eliminar ejecución* en la barra de ajustes. Una vez que se logre una buena ejecución de datos de posición en función del tiempo, cambiar el nombre de esta ejecución a "carro con ventilador".
5. Para el gráfico de posición del carro del ventilador, ¿Cómo varía la pendiente durante la carrera, y esta velocidad constante?
6. Hacer clic en el gráfico de posición para activar el gráfico y, a continuación, seleccionar la herramienta *Inclinación* en la barra de herramientas del gráfico.
7. Mover la herramienta de pendiente a 0.2 segundos en el gráfico.
8. ¿Cuál es la pendiente en este punto (incluyendo unidades)?
9. ¿Cómo se compara la rapidez en la gráfica de velocidad en el mismo tiempo?
10. Repetir durante 0,4 s y 0,6 s.

Aceleración constante



(a) La gráfica parece ser cuadrática; la pendiente está aumentando linealmente con el tiempo (b) La pendiente instantánea corresponde a la velocidad instantánea. No es constante.

Figura 8.4: Gráficos posición contra tiempo.

Si $V(t)$ es una función que describe la velocidad de un objeto como una función del tiempo, entonces la aceleración del objeto está dada por:

$$v(t) = \frac{dv}{dt} \quad (8.2)$$

La primera derivada de la función de velocidad. Gráficamente, la aceleración es la pendiente del gráfico de velocidad.

1. Observar que el gráfico de la derecha es un gráfico de velocidad en función del tiempo. Para la gráfica obtenida de velocidad del carro del ventilador, ¿Cómo varía la pendiente durante la carrera?
2. Seleccionar un ajuste de curva lineal en la barra de herramientas del gráfico.
3. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente? ¿Tiene unidades?
4. ¿Cuán lineales son los datos obtenidos? ¿Fue esta aceleración verdaderamente constante?
5. ¿Cuál es el significado físico de la intersección (y) en la gráfica? ¿Tiene unidades?

Carro del ventilador con pulso corto

Aceleración no constante.

1. Presionar el botón *duración del pulso* tal como se muestra en la figura 8.7. Con el LED 1s encendido, el ventilador funcionará durante 1 segundo y luego se apagará. Cuando se presiona el botón de encendido, hay un retraso de 2 segundos antes de que el ventilador se encienda.
2. Presionar el botón de encendido e iniciar inmediatamente la grabación de datos. Se puede detener la grabación en cualquier momento, pero también hay una opción automática que detendrá la grabación antes de que el carro llegue al parachoques.

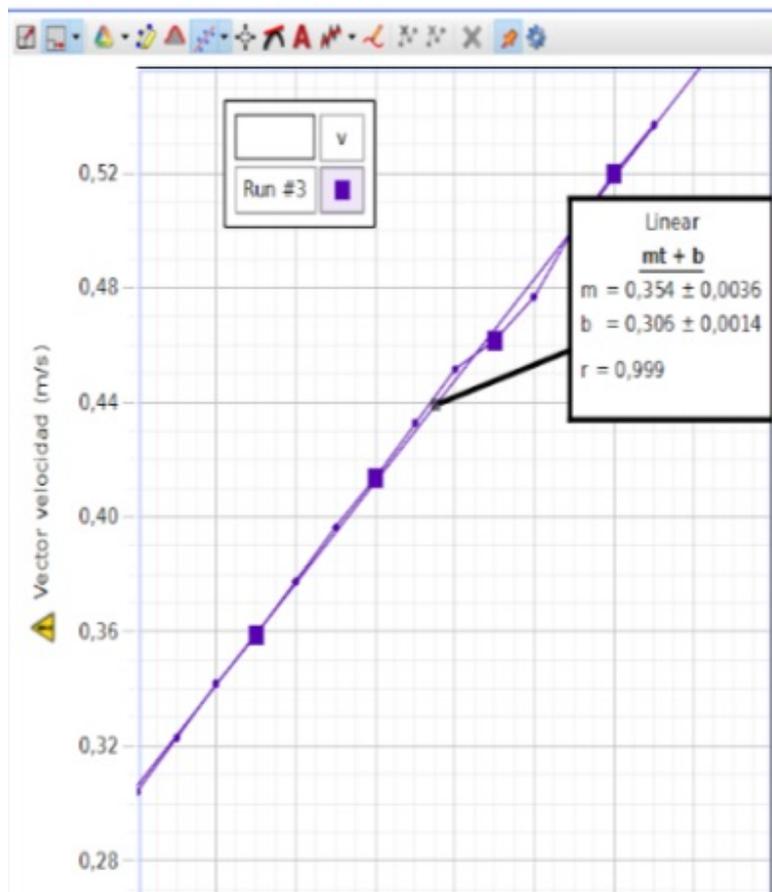


Figura 8.5: Ajuste a los datos del vector velocidad y la posición.

3. Obtener una buena ejecución de velocidad en función del tiempo, abrir la ventana "resumen de datos" y etiquetar esta ejecución como "pulso para el ventilador".
4. Etiquetar los puntos en el gráfico donde la aceleración del carro es cero.
5. Etiquetar los puntos en el gráfico donde la aceleración del carro es constante, pero no cero.
6. ¿Cómo coinciden estos puntos con el ventilador?
7. Utilizar la herramienta área en la barra de herramientas del gráfico para calcular el área bajo el gráfico de velocidad en función del tiempo. ¿Cuál es el significado físico de la zona? ¿Cuáles son las unidades?
8. A partir de la forma del gráfico de velocidad en función del tiempo, predecir la forma del gráfico de posición en función del tiempo.
9. ¿Se predijo correctamente la forma del gráfico de posición en función del tiempo?
10. ¿Se pueden identificar los puntos en el gráfico donde el ventilador se enciende y apaga?
11. Utilizar la herramienta de coordenadas (de la barra de herramientas del gráfico) para medir el último punto de datos de posición. ¿Cómo corresponde ese punto al área que se tomó en la página anterior?
12. Cuando se ha seleccionado la herramienta coordenadas, se puede hacer clic con el botón derecho en el cursor (en el gráfico) para activar la herramienta delta (Δ). Utili-

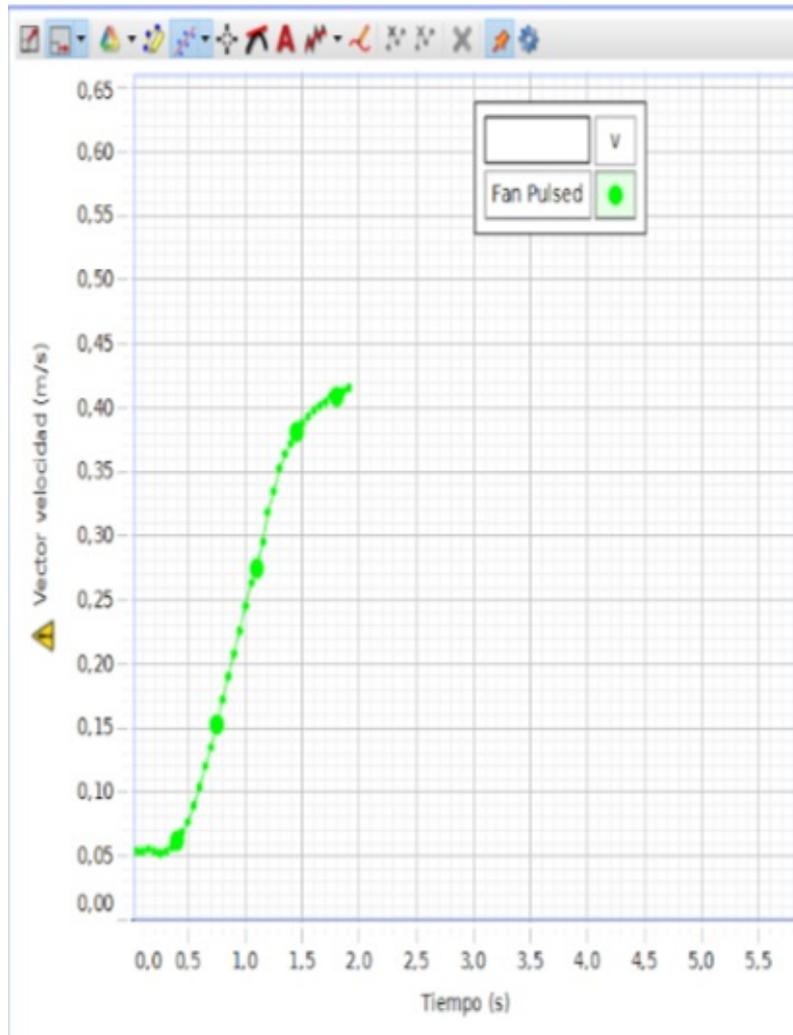


Figura 8.6: Carro con ventilador con pulso corto.

zando la herramienta Δ , medir el desplazamiento total del carro. ¿Cómo corresponde este valor con el área que obtenida en la página anterior?

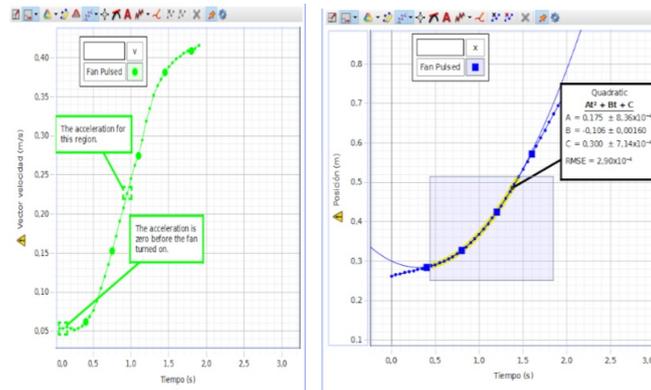
Cuestionario²

1. Existen algunas situaciones en donde no conocemos la posición, pero si la aceleración. ¿Cómo podemos obtener la posición y la rapidez a partir de la función de la aceleración?
2. Un motociclista que viaja al este (hacia la derecha), cruza una pequeña ciudad y viaja con aceleración constante de 4.0 m/s^2 después de pasar los límites de la ciudad. En el tiempo a $t = 0\text{s}$, esta a 5.0 m a la derecha del límite de la ciudad, y se desplaza al este a 15 m/s a) Calcule su posición y velocidad en $t = 2\text{s}$. b) ¿Dónde está el motociclista cuando su velocidad es de 25 m/s ?

²Basado en Sears, Zemansky y Young [22]



Figura 8.7: Tiempo de ajuste del pulso.



(a) Encendido del ventilador. (b) Carro con ventilador con pulso corto.

Figura 8.8: Gráficos



9. Aceleración constante

Palabras clave

Ecuación de movimiento, velocidad, aceleración, fuerza.

Introducción¹

La ecuación de movimiento más sencilla de resolver es cuando el objeto se mueve en línea recta con aceleración constante. Para analizar esta ecuación, se utilizará un carro que se va acelerando por la pendiente.

Objetivo

El estudiante analizará la ecuación de movimiento de un carro acelerado constantemente por la gravedad en un plano inclinado. Utilizando el sensor de movimiento, se analizan los gráficos de la posición y la velocidad, así como se hacen comparaciones con las ecuaciones estándares del movimiento usando ajustes de curva definidos por el estudiante.

Cuestionario previo

1. ¿En qué casos podemos considerar constante la aceleración g debida a la atracción de la Tierra?
2. ¿Por qué en el plano inclinado la aceleración g se considera constante?
3. ¿Qué representa el área bajo la curva cuando se grafica la aceleración contra el Tiempo?

¹Basado en PASCO-Scientific/P08 [12]

Fundamento teórico

A partir de estas prácticas analizaremos la dinámica de los objetos en movimiento, analizaremos las leyes de Newton para describir la causa/efecto de objetos en movimiento con las fuerzas que lo originan.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sistema dinámico PAS-CAR de 1.2 metros	ME-6955
1	Sensor de movimiento	PS-2103A

Cuadro 9.1: Material.

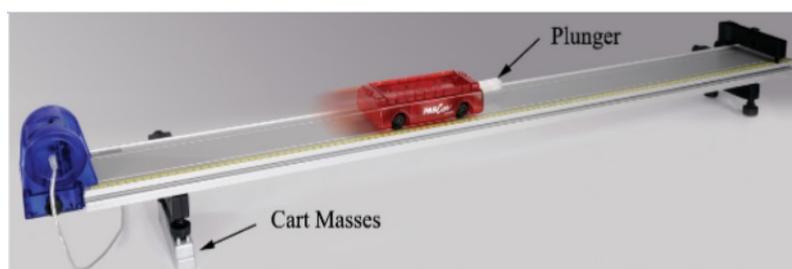


Figura 9.1: Carro en plano inclinado.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Armar la pista como se muestra en la figura 9.1. Tener en cuenta que el sensor de movimiento está en el extremo de la pista que es el punto cero de la regla amarilla.
2. Conectar el sensor de movimiento en la interfaz y verificar que el interruptor esté en el icono "carro".
3. Verificar que el émbolo en el carro esté en el lado hacia el final de carrera.
4. Utilizar las dos masas del carro para inclinar la pista.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

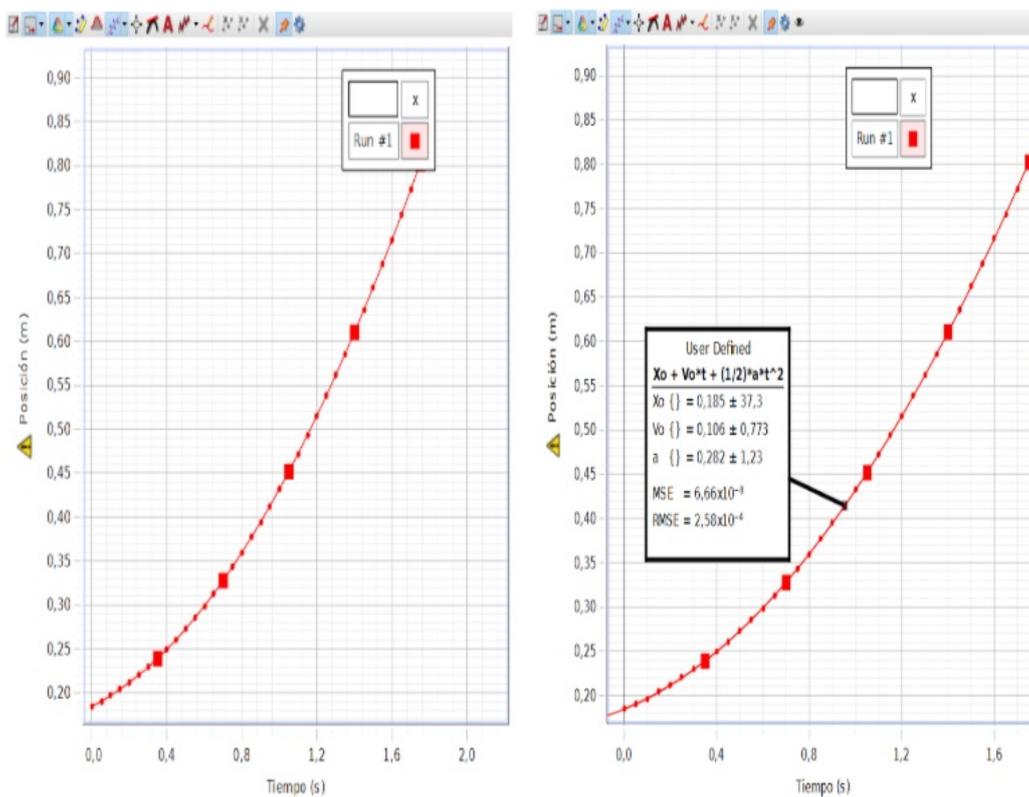
1. Colocar la parte trasera del carro (más cercana al sensor de movimiento) en la marca de 16 cm como se muestra en la figura 9.2. Esta es la posición inicial del carro.
2. Iniciar la grabación y, a continuación, soltar el carro. La recolección de datos no comenzará hasta que el carro llegue a una posición de 18 cm, debido a una condición de inicio. Esto dará mejores datos.
3. Se puede detener la grabación en cualquier momento, pero hay una condición de parada automática que detiene la grabación cuando el carro alcanza los 80 cm.

4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función *eliminar ejecución* en la barra de herramientas del gráfico.



Figura 9.2: Posición de inicio.

5. Obtener una buena ejecución de datos de posición en función del tiempo.
 6. Seleccionar un ajuste de curva definido por el usuario en la barra de herramientas del gráfico.
 7. Si los parámetros de ajuste de curva no aparecen en la ventana del editor (a la izquierda), seleccionar la herramienta de ajuste de curva (en el gráfico) para activarla.



(a) Gráfico de posición.

(b) Gráfico de posición.

Figura 9.3: Gráficos

8. El ajuste de la curva se verá actualmente

$$y = at + b \quad (9.1)$$

Se puede editar en el editor de curvas a la izquierda y cambiarlo a:

$$Xo + Vot + \frac{1}{2}at^2 \quad (9.2)$$

9. Hacer clic en aplicar.
10. Registrar la posición inicial, Xo , la velocidad inicial, Vo , y la aceleración, a .

$Xo = 0.19m$ $Vo = 0.11 \frac{m}{s}$ $a = 0.28 \frac{m}{s^2}$

11. Seleccionar un ajuste de curva definido por el usuario en la barra de herramientas del gráfico.
12. Si los parámetros de ajuste de curva no aparecen en la ventana del editor (a la izquierda), dar clic en ajuste de curva (en el gráfico) para activarla.
13. El ajuste de curva se verá actualmente como:

$$y = at + b \quad (9.3)$$

Se puede editar en el editor de curvas a la izquierda y cambiarlo a:

$$Vo + at \quad (9.4)$$

14. Hacer clic en aplicar.
15. Anotar la velocidad inicial, Vo , y la aceleración, a .

$Vo = 0.11 \frac{m}{s}$ $a = 0.28 \frac{m}{s^2}$
--

Tomar en cuenta que los parámetros de ajuste de curva de las dos páginas anteriores se han reproducido anteriormente.

16. ¿Cuál es la posición inicial, Xo ? Recordar que la condición de inicio (cuando se registran los datos) fue cuando el carro llegó a 18 cm. ¿Cómo se compara?
17. ¿Cómo el valor para Vo del gráfico de posición se compara con el valor de Vo del gráfico de velocidad?
18. ¿Cómo el valor para "a" del gráfico de posición se compara con el valor de 'a' del gráfico de velocidad?
19. Hacer clic en el gráfico de posición para activar el gráfico y, a continuación, seleccionar la herramienta inclinación en la barra de herramientas del gráfico.
20. Mover la herramienta inclinación a 0.4 segundos. ¿Cuál es la pendiente en este punto (incluyendo unidades)? ¿Cómo se compara esto con la velocidad en la gráfica de velocidad para este mismo tiempo?
21. Repetir durante 0.8 s y 1.2 s.

Cuestionario

1. Considere que usted conduce un automóvil a una cierta velocidad, el cual se encuentra por llegar a un semáforo. ¿Cuántos metros antes usted deberá de frenar para no pisar el cruce peatonal?. Haga el planteamiento, hipótesis y ecuaciones que usted considere necesarias para describir este problema.
2. Un avión aterriza en la cubierta de un portaaviones a 600 km/h y se detiene por completo a 90 metros. Encuentre la aceleración y el tiempo necesario para detenerlo.

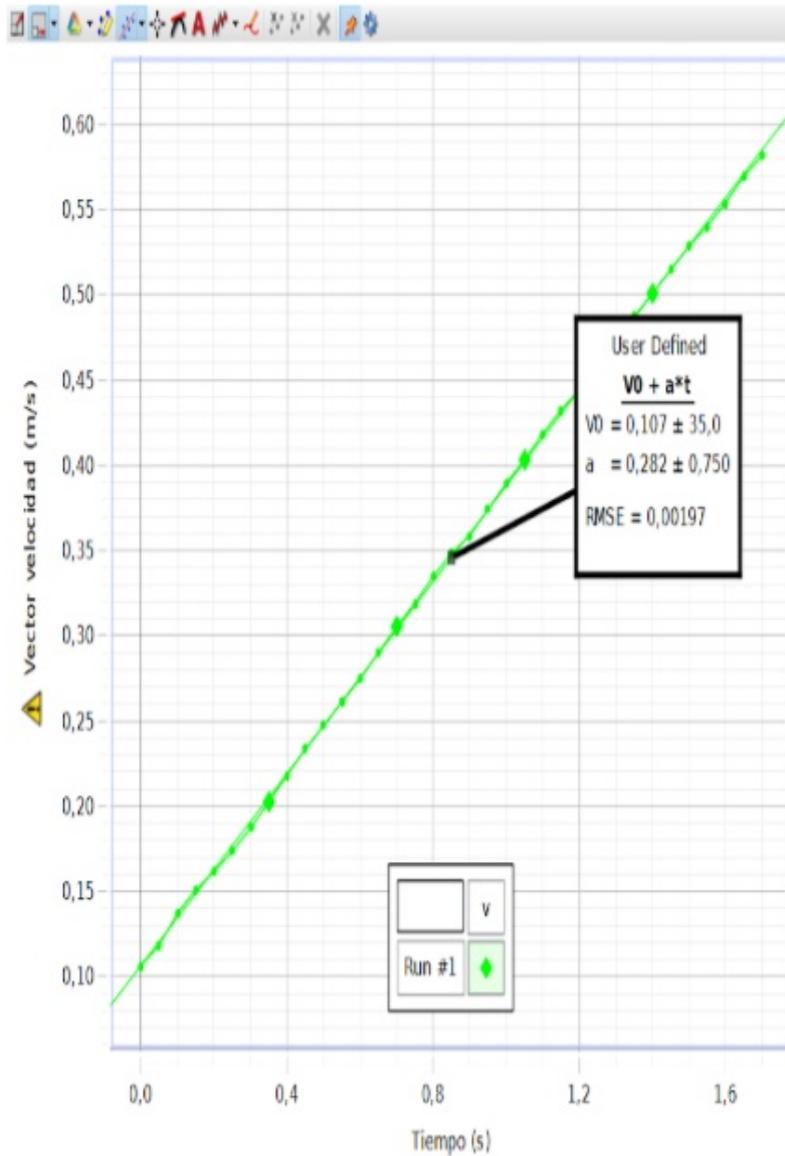


Figura 9.4: Gráfica del mejor ajuste del vector velocidad vs tiempo.



Figura 9.5: Datos de posición y velocidad.

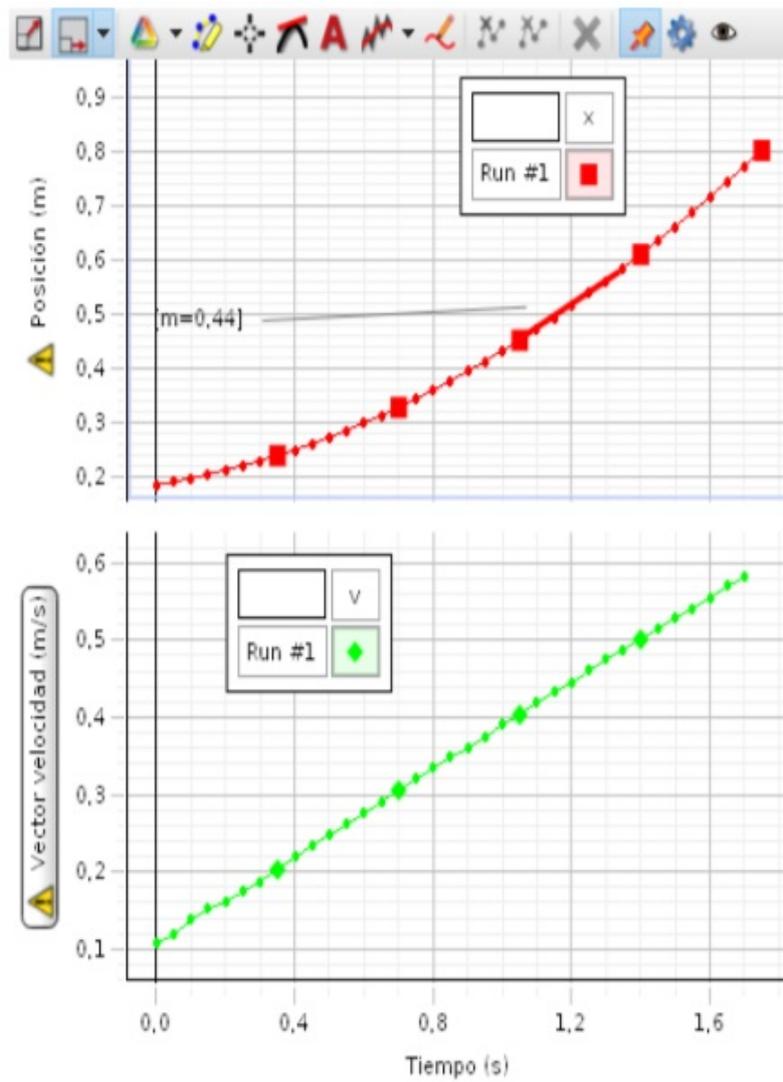


Figura 9.6: Gráficos del mejor ajuste de la posición y velocidad vs tiempo.



10. Aceleración en un plano inclinado

Palabras clave

Velocidad, aceleración, plano inclinado, fuerza, movimiento.

Introducción¹

Analicemos el caso en donde se aplica la segunda ley de Newton para describir el movimiento de un objeto con dos sensores diferentes (acelerómetro y el sensor de posición) sobre el cual la fuerza neta es diferente de cero debido a que se desplaza en un plano inclinado. En la actualidad la mayoría de los teléfonos ya cuentan con la tecnología para medir posición y aceleración. La utilidad de aprender el concepto de aceleración es debido a su múltiple utilidad tal como: Los grandes aceleradores de partículas, transbordadores espaciales, erupciones de volcanes, diseño de motores más eficientes, detectar si la pantalla de una teléfono esta de manera horizontal o vertical, entre otras.

Objetivo

El propósito de esta práctica es estudiar la relación entre posición, velocidad y la aceleración. Un sensor de movimiento es utilizado para registrar el movimiento de un carro a medida que se mueve hacia arriba y hacia abajo de la pista inclinada (ver figura 10.1). La aceleración del carro se calcula a partir de un gráfico de velocidad, y se compara con la aceleración medida directamente desde el sensor de aceleración en el carro.

¹Basado en PASCO-Scientific/P011 [5]

Cuestionario previo

1. Saliendo de la escuela, un auto cargado de estudiantes se quedo sin gasolina (peso total es P) y van hacia abajo rumbo a la gasolinera. Suponga que el ángulo de la pendiente es constante (α) y que las llantas están bien infladas tal que la fricción es despreciable. ¿Qué aceleración tienen el auto? ¿Cuál es el diagrama de cuerpo libre?

Fundamento teórico

Existen diversas maneras de calcular la aceleración, a continuación algunas opciones:

1. Por un lado, se calcula la aceleración (a) utilizando la segunda Ley de Newton ($F = m * a$) al medir, con un dinamómetro, la fuerza total (F) aplicada a un carro de prueba con una masa (m) (asumiendo que el movimiento ocurre en 1D) y al despejar se obtiene:

$$a = \frac{F}{m} \quad (10.1)$$

2. Otra manera de calcular la aceleración es por medio de calcular la pendiente de la gráfica rapidez (m/s) contra tiempo (s), tal como ha visto en prácticas anteriores.
3. Por otro lado, los acelerómetros electrónicos calculan la aceleración por medio de un transductor que mida la variación de voltaje de un material pizoeléctrico que es comprimido (ver los trabajos de CC. Hindrichsen, J. Larsen, et al, Circular piezoelectric accelerometer Sensors, 2009 IEEE, 2009)

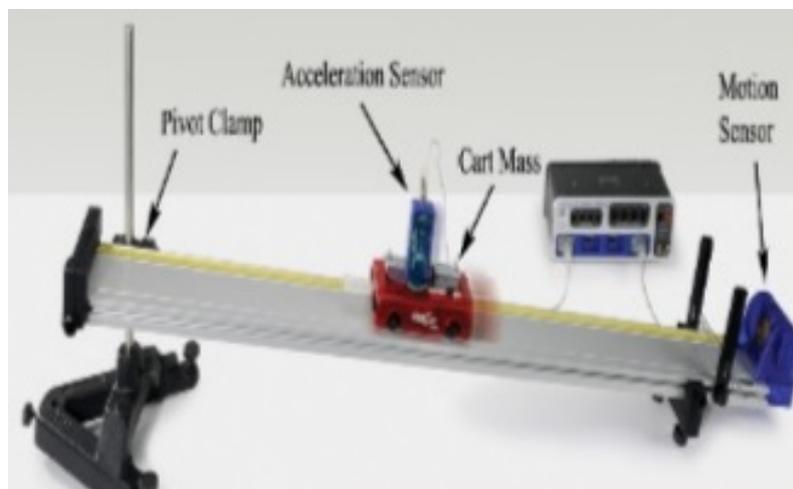


Figura 10.1: Plano inclinado.

Diseño Experimental

Recursos

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sistema dinámico PAS-CAR de 1.2 metros	ME-6955
1	Sensor de movimiento	PS-2103A
1	Sensor de aceleración	PS-2118
1	Base para barra	ME-8735
1	Barra de 45cm	ME-8736
1	Parachoques elástico	

Cuadro 10.1: Material.

1. Utilizar la abrazadera con la base de la varilla y la varilla de 45 cm para inclinar la pista como se muestra en la figura 10.1. La altura del extremo elevado de la pista debe ser de unos 20 cm.
2. Instalar el parachoques elástico (ver figura 10.2) en el extremo inferior de la pista con el sensor. Utilizar al menos dos piezas de cordón elástico, como se muestra.



Figura 10.2: Sensor de movimiento y parachoques elástico.

3. Conectar el sensor de movimiento al puerto P4 de la interfaz. Verificar que el interruptor de rango en el sensor de movimiento esté configurado en el icono "carro".
4. Conectar el sensor de aceleración al carro utilizando el soporte de montaje como se muestra en la figura 10.1. Conectar el sensor en el puerto P1 de la interfaz. El LED del sensor debe estar apagado. Colocar el carro en la inclinación como se muestra en la figura 1, incluyendo la masa de carro adicional.



Figura 10.3: Conexión del sensor de movimiento y el carro.

5. Abrir la ventana resumen de datos y seleccionar el icono engranaje para el sensor de aceleración. Dar clic en *Zero Sensor Now* en el menú. Si se modifica la inclinación de la pista, se debe volver a poner a cero el sensor.
6. Iniciar la grabación de datos y mover el carro hacia arriba y hacia abajo por la pista. Verificar que se están obteniendo datos claros de posición del sensor de movimiento.
7. Si los datos de aceleración no son cero cuando el carro está en reposo, se deberá ajustar el punto 5.

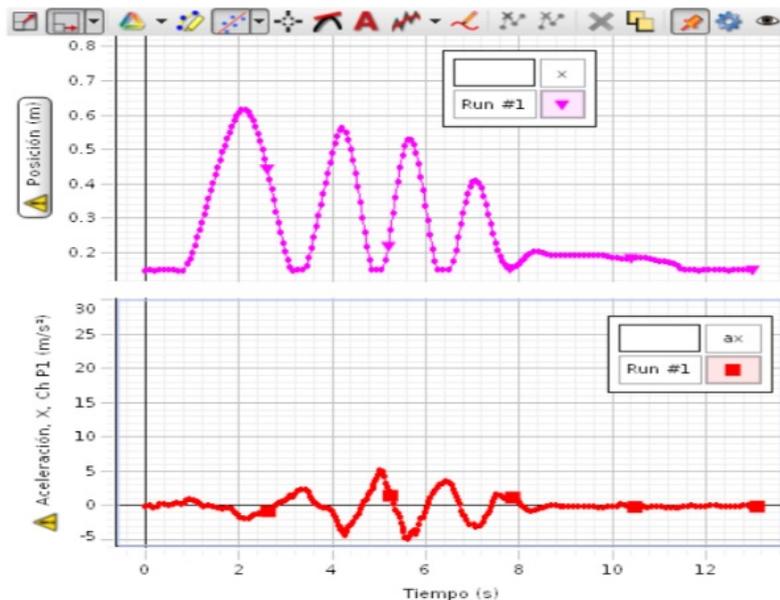


Figura 10.4: Datos del sensor de movimiento.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 min.

1. Con el carro colocado en la parte inferior de la pendiente, comenzar a grabar. La recolección de datos no comenzará hasta que el carro esté a más de 30 cm del sensor, debido a una condición de arranque inicial. Esto dará mejores datos.
2. Soltar el carro por la pendiente como se muestra en la figura 10.4. ¡Se debe sacar rápidamente la mano del camino! Tratar de colocar el carro en la parte superior, pero no golpear el parachoques en la parte superior. Permitir que vuelva a bajar. Tratar de mantener el cable fuera del camino.
3. Se puede detener la grabación en cualquier momento, pero hay una condición de parada automática que detiene la grabación cuando el carro vuelve a bajar y alcanza la marca de 30 cm. Es una buena idea tratar de atrapar el carro y no sólo confiar en el parachoques, pero no se debe detener durante la grabación.
4. Se pueden eliminar las ejecuciones no deseadas mediante la función eliminar ejecución en la barra de control de experimentos. Obtener una buena cantidad de datos de posición en función del tiempo.



Figura 10.5: Conexión del sensor de aceleración y el carro.

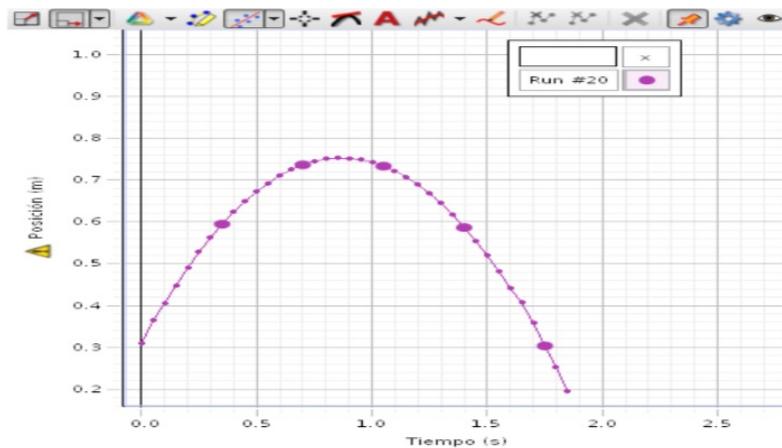


Figura 10.6: Gráfico de aceleración vs tiempo.

Cuestionario

1. El gráfico aquí muestra los datos de aceleración para la ejecución que se acaba de realizar. ¿Cómo se ve? Probar la función de suavizado en la barra de herramientas del gráfico.
2. ¿La aceleración es positiva o negativa? ¿Cuál es el significado del signo?
3. ¿Cuál es la aceleración aproximada del carro? Intentar utilizar la herramienta de coordenadas en la barra de herramientas del gráfico. ¿Hay alguna diferencia entre cuando el carro se movía hacia arriba por la pendiente y cuando estaba bajando?
4. Observar el gráfico de posición de la página anterior y anotar la hora en que el carro estaba en la parte superior de la pendiente. ¿Cuál es la aceleración del carro en la parte superior de la pendiente, cuando su velocidad era cero?
5. El siguiente gráfico muestra los datos de velocidad para la ejecución que se tomó. Seleccionar un ajuste de curva lineal en la barra de herramientas del gráfico para encontrar la aceleración.
6. ¿Cómo se compara esto con el valor que se encontró antes?
7. Utilizar la herramienta *selección* de la barra de herramientas del gráfico para resaltar una pequeña sección de los datos. A continuación, se puede mover esta selección para encontrar la pendiente en diferentes puntos. ¿Hay alguna diferencia entre cuando el carro se movía hacia arriba por la pendiente y cuando estaba bajando?

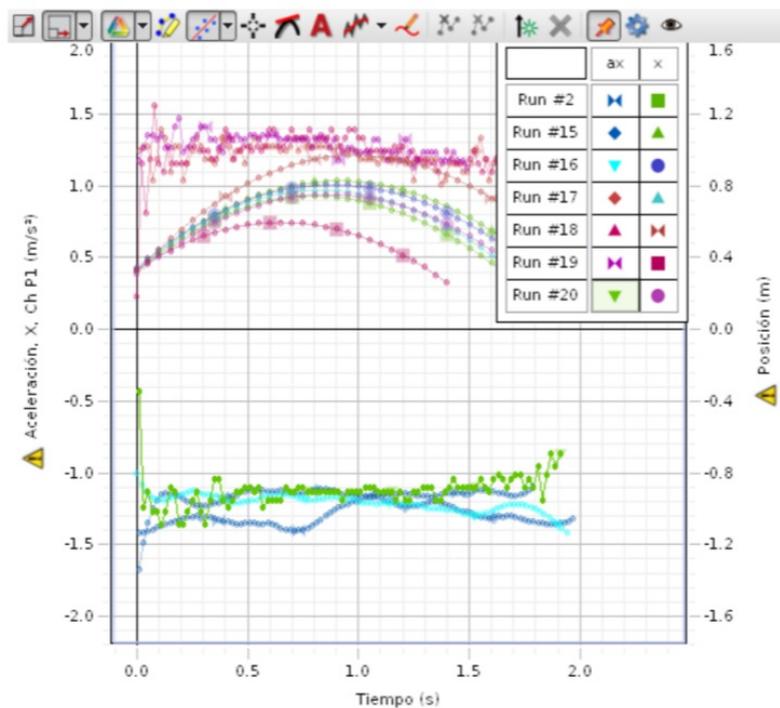


Figura 10.7: El carro cuesta arriba y cuesta abajo.

8. ¿Dónde estaba el carro moviéndose por la pista? ¿Dónde estaba el carro bajando por la pista?
9. ¿Dónde era la velocidad del carro cero? ¿Cuál fue la aceleración en este momento?
10. Observar una vez más los datos de posición de la ejecución. Usando la herramienta de anotación, etiquetar la parte del gráfico donde el carro se estaba moviendo hacia arriba. ¿Cuál es el signo de la velocidad?
11. Etiquetar la parte de la gráfica en la que el carro se desplazaba cuesta abajo. ¿Cuál es el signo de la velocidad?
12. Marcar en el gráfico en que punto la velocidad es cero.
13. ¿Cuál es la aceleración en este punto? ¿Dónde la aceleración se vuelve cero?
14. Un bloque de hielo con masa de 2.00 kg se desliza 0.750 m hacia abajo por un plano inclinado a un ángulo de 36.98 bajo la horizontal. Si el bloque parte del reposo, ¿cuál será su rapidez final? Puede despreciarse la fricción.
15. **Pregunta Reto:** ¿Cuáles de los objetos caerá más rápido por un plano inclinado, un cilindro sólido o una esfera sólida? ¿Por qué?

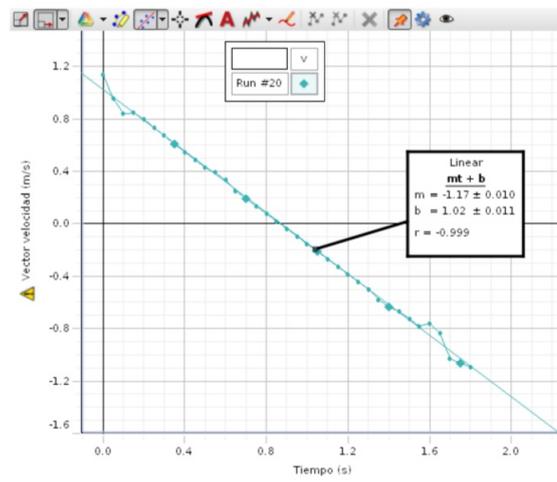


Figura 10.8: Datos de velocidad del sensor de movimiento.

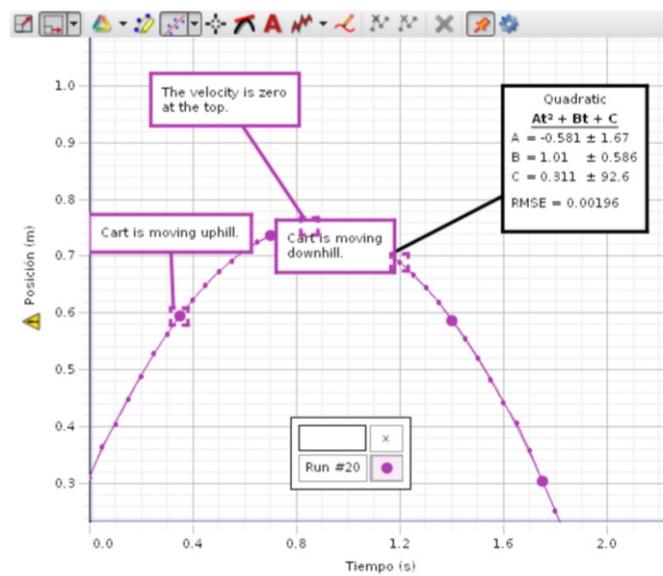


Figura 10.9: Datos de posición del sensor de movimiento.



Palabras clave

Caída libre, velocidad, aceleración, proyectil, tiro parabólico.

Introducción¹

El movimiento de un proyectil está determinado por las condiciones iniciales al momento de ser lanzado (ángulo y velocidad inicial) así como la atracción gravitatoria y la resistencia del aire. Al tomar en cuenta estos factores, queda determinada la trayectoria del proyectil.

Objetivo

Analizar el movimiento de un proyectil por medio de una fotoc compuerta para medir el tiempo de vuelo y la velocidad de lanzamiento inicial del proyectil, así como encontrar el intervalo máximo en función del ángulo.

Cuestionario previo

1. Argumentar ¿Por qué un misil no puede ser acelerado de forma horizontal debido a la gravedad?
2. ¿Cuánto vale la aceleración en la dirección horizontal?
3. Argumentar ¿Por qué el movimiento de un proyectil se puede descomponer en un movimiento horizontal con velocidad constante y en un movimiento vertical con aceleración constante?.

¹Basado en PASCO-Scientific/P12 [13]

Fundamento teórico

En esta sección, el proyectil se lanza a diferentes ángulos desde una altura inicial (Y_o). La velocidad inicial de lanzamiento (V_o) se descompone en sus componentes horizontales y verticales:

$$V_{ox} = V_o \cos \Theta \quad (11.1)$$

$$V_{oy} = V_o \sin \Theta \quad (11.2)$$

Donde Θ es el ángulo de lanzamiento. La posición horizontal y vertical del proyectil se puede calcular utilizando:

$$x = V_{ox}t \quad (11.3)$$

$$y = y_o + V_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (11.4)$$

En la cual se ha adoptado una convención de signos, positivo hacia arriba.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Mini lanzador	ME-6824A
2	Fotocompuertas	ME-9498A
1	Soporte de Fotocompuertas	ME-6821A
1	Temporizador de Vuelo	ME-6810
1	Abrazadera de Mesa	ME-9472
1	Base para Barra	ME-8735
1	Barra de 90 cm	ME-8738
1	Barra de 45 cm	ME-8736
1	Cojín Acolchado	SE-7347
1	Plomo	SE-8728
1	Metro	SE-8695
1	Cinta métrica	SE-8712A
1	Plastilina o papel carbón	
	Hojas de papel blanco	
	Cinta masking	

Cuadro 11.1: Material.

Instalación del equipo.

Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

Sección 1. En esta sección, el proyectil se lanza desde la altura de la mesa (ver figura 11.1). Se necesitarán de 1.5 a 2 m de longitud de mesa.

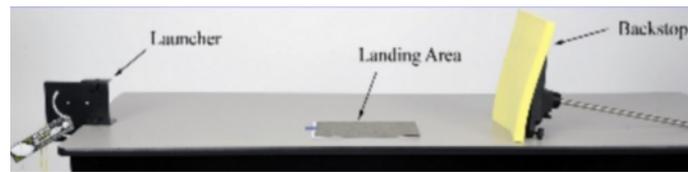
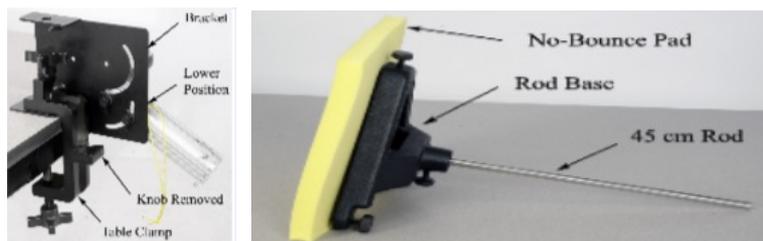


Figura 11.1: Lanzamiento del proyectil desde la altura de la mesa.

1. El lanzador está montado en el soporte en la posición inferior (ver figura 11.2). Deslizar el lanzador hasta el fondo para que pivotee alrededor de la posición de lanzamiento de la pelota.
2. Sujetar el lanzador a la mesa utilizando la abrazadera de mesa. Es más fácil ajustar el ángulo del lanzador si se retira la perilla como se muestra en la figura 11.2.
3. Utilizar el cojín con la base de la varilla y la varilla de 45 cm (ver la figura 11.2) como respaldo para ayudar a atrapar la pelota.
4. Es muy importante ajustar el ángulo de lanzamiento (ver figura 11.3) con mucho cuidado. Se debe poder leer (ajustar) el ángulo a 0.2 grados (ver figura 11.4).



(a) Abrazadera de mesa

(b) Respaldo para atrapar el proyectil.

Figura 11.2: Partes del material.



Figura 11.3: Ajustando ángulo de lanzamiento.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 60 minutos.

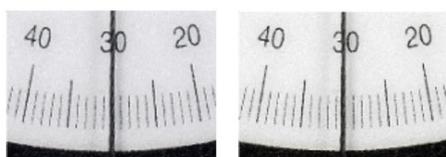


Figura 11.4: La ampliación muestra la cuerda centrada en la marca de 30° . En la figura del extremo derecho, se puede ver que la cuerda está más cerca de 29° que de 31° , y se puede leer como 29.8° .

1. Confirmar que el lanzador está montado en el soporte en la posición inferior (ver figura 11.4) para que la bola se lance desde la altura de la mesa.
2. Para que los resultados sean más consistentes al lanzar la bola, siempre se debe tirar del cordón amarillo (conectado al gatillo) con un pulso rápido y corto. No tirar lentamente. Siempre verificar que todo el mundo está en su posición antes de disparar.
3. Ajustar el ángulo para 20° . Colocar la bola en el pistón presionar (un clic) en la configuración de corto alcance.
4. Lanzar el proyectil y anotar el lugar de aterrizaje. Colocar una hoja de papel en blanco en esta ubicación y pegarla en la posición como se muestra en la figura 11.6. Cubrir con la plastilina o con una hoja de papel carbón.
5. Lanzar de nuevo el proyectil y confirmar que el punto de contacto está marcado. Lanzar la pelota varias veces más.
6. Utilizar el metro (ver figura 11.5) para medir los intervalos. Esta distancia debe medirse desde el centro de la posición de lanzamiento de la pelota como se muestra en la figura 11.5. Medir cada punto de aterrizaje por separado (ver figura 11.7) y luego calcular el intervalo promedio.

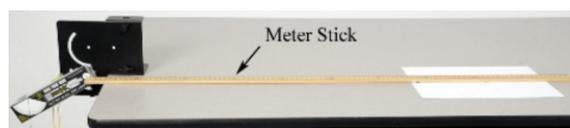
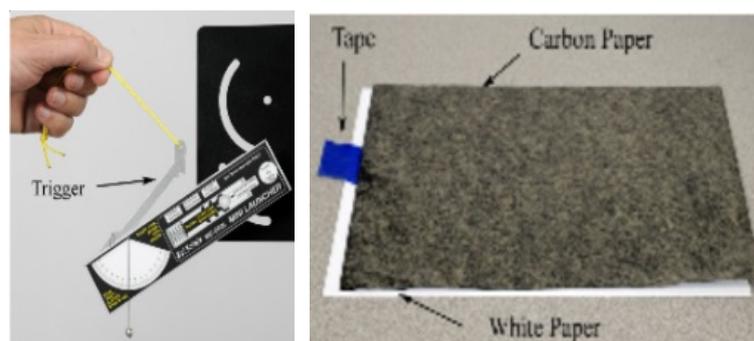


Figura 11.5: Medición de la distancia.

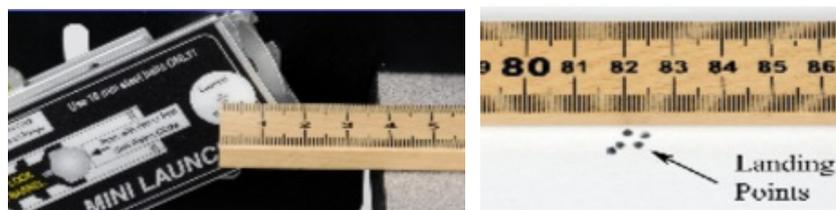
7. Introducir la distancia promedio de 20° en la tabla de la página siguiente.
8. Repetir el procedimiento y determinar la distancia para ángulos de 30° , 40° , 50° , 60° , 70° y 80° .
9. Seleccionar un ajuste de curva de seno en la barra de herramientas del gráfico. Si se tienen problemas con ese ajuste, un ajuste polinomial también debería funcionar.
10. En teoría, el intervalo máximo debe ocurrir a 45° . ¿Los datos confirman esto? Hacer clic y arrastrar el eje para expandir la escala y acercarse al pico del ajuste de la curva. Localizar el ángulo para la distancia máxima.
11. ¿El ángulo es menor o mayor de 45° ? ¿Qué podría explicar esto?
12. ¿Qué intervalo máximo predice el gráfico para el lanzador? Establecer el lanzador en ese ángulo (desde el gráfico) y confirmar que el lanzador dispara esa distancia.



(a) Lanzamiento del proyectil.

(b) Área de aterrizaje

Figura 11.6: Partes del material



(a) Posición del lanzamiento

(b) Puntos de aterrizaje.

Figura 11.7: Mediciones

Nota: El intervalo máximo ocurrió cerca de los 44° , que es ligeramente menor que el valor teórico que desprecia la resistencia del aire. Si, la distancia es mayor para 44° .

	Ángulo (°)	Distancia o intervalo (cm) $\frac{m}{s^2}$
1	10	40.0
2	20	74.0
3	30	93.1
4	40	102.5
5	44	103.5
6	50	102.0
7	60	89.1
8	70	65.4
9	80	35.8

Cuadro 11.2: Datos de los diversos ángulos y su distancia recorrida.

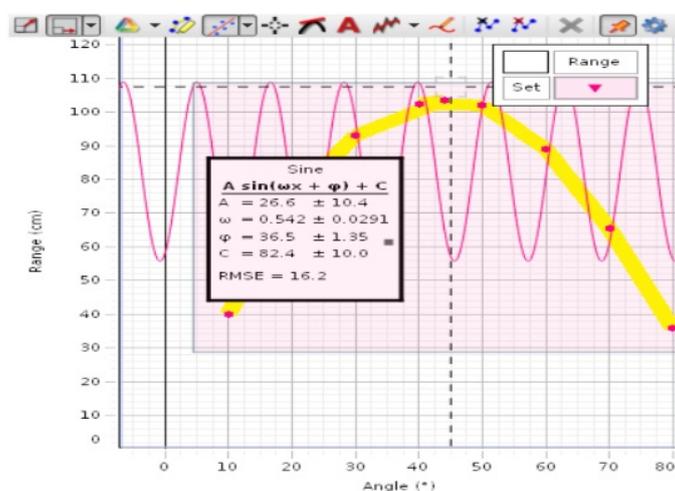


Figura 11.8: Distancia de la cima de la mesa.

Sección 2. Instalación del equipo

En esta sección, el proyectil se lanza horizontalmente desde una altura sobre la mesa, como se muestra en la figura 11.9.

1. Fijar el lanzador horizontalmente (vea figura 11.10) en el soporte utilizando los dos agujeros de los tornillos, pero no de los arcos de corte.
2. Deslizar el lanzador hacia adelante de modo que salga más allá del borde del soporte como se muestra en la figura 11.10. Esto hace que sea más fácil de usar con las fotocpuertas.
3. Utilizar la abrazadera de mesa y la varilla de 90 cm para soportar el lanzador.
4. Verificar que el ángulo de lanzamiento es exactamente cero y luego asegurar firmemente todos los tornillos.
5. Utilizar el cojín con la base de la varilla y la varilla de 45 cm (véase la figura 11.2) como respaldo para ayudar a atrapar la pelota.
6. Colocar el proyectil en el pistón y presionar el émbolo completamente (tres clics) hasta el ajuste de largo alcance.
7. Lanzar la pelota y anotar el lugar de aterrizaje. Si el alcance de la pelota es demasiado

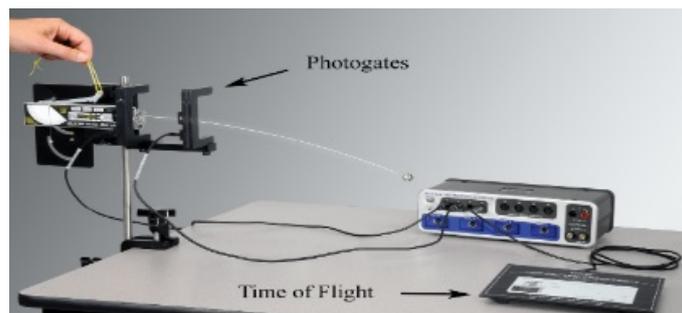


Figura 11.9: Midiendo tiempo de vuelo para un lanzamiento horizontal



(a) Soporte del lanzador. (b) Lanzamiento horizontal.

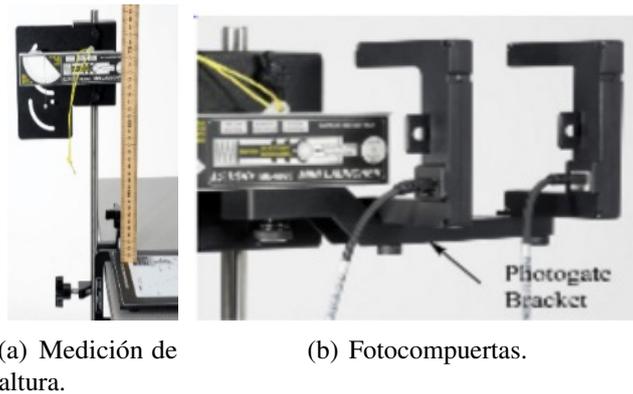
Figura 11.10: Partes y montaje del equipo.

largo, disminuir la altura del lanzador.

8. Medir la distancia de la pelota, desde la parte inferior de la pelota hasta la parte superior del temporizador de vuelo (ver la figura 11.9).
9. Conectar la almohadilla del temporizador de vuelo en la entrada digital 4, y colocarla en la posición de aterrizaje del proyectil.
10. Conectar las fotocompuertas al soporte de la misma y deslizar el soporte en la ranura en T en la parte inferior del lanzador, como se muestra en la figura 11.9. Colocar las fotocompuertas lo más cerca posible del lanzador. Conectar la primer fotocompuerta en la entrada digital 1 y la segunda fotocompuerta en la entrada digital 2, como se muestra en la figura 11.9.

Procedimiento

1. Presionar el émbolo de largo alcance, luego comenzar a grabar. Lanzar el proyectil. Se debe mostrar la velocidad y el tiempo de vuelo.
2. Detener la grabación y registrar los valores en la tabla. Repetir el proceso para otras dos ejecuciones en el ajuste de largo alcance.
3. Repetir para el conjunto de lanzadores para el intervalo de medio y corto alcance. Registrar tres buenas ejecuciones para cada posición del lanzador.



(a) Medición de altura.

(b) Fotocompuertas.

Figura 11.11: Partes del material

4. ¿Es menor el tiempo de vuelo de corto alcance, más o casi el mismo que el de vuelo para mediano y largo alcance?
5. Calcular el tiempo medio de vuelo para todas las ejecuciones combinadas. Se puede utilizar la función de estadística en la barra de herramientas del gráfico para calcular este valor.
6. Usando este tiempo promedio, calcular la altura (h) desde que el proyectil cae.

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (11.5)$$

7. Comparar con el valor de 'h' que se obtuvo en la página anterior, utilizando el cálculo del porcentaje de error.

El tiempo de vuelo para el corto alcance es casi el mismo. La pequeña diferencia sistemática del 2 por ciento en los datos es resultado de que el lanzador no es perfectamente perpendicular al nivel de la tabla. Medir 17.5 cm de la parte inferior de la bola en el lanzador a la parte superior de la almohadilla. El valor obtenido de la ecuación es 16 cm. Esto es 9 por ciento menos que el valor teórico.

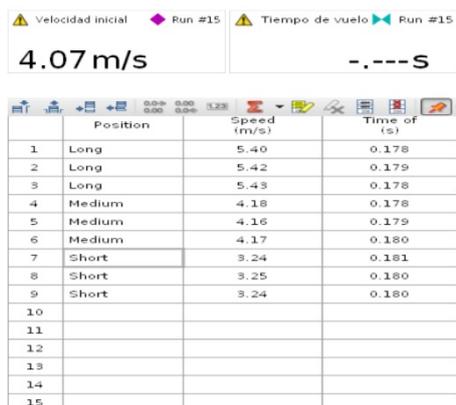


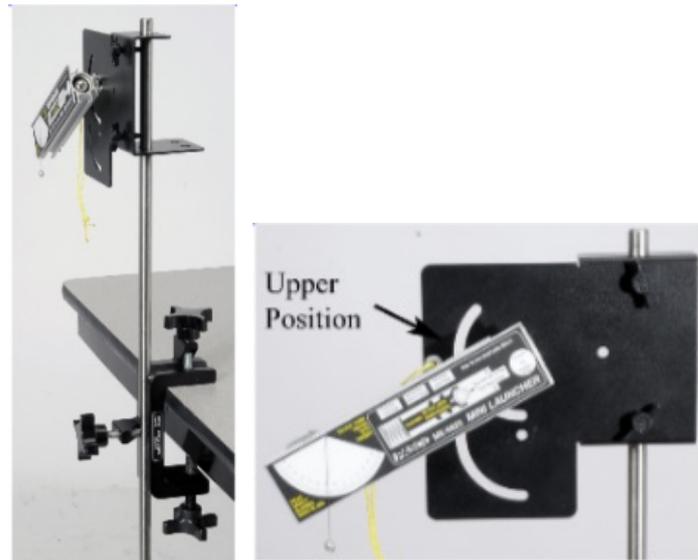
Figura 11.12: Datos de posición, velocidad y tiempo.

Instalación del equipo.

1. Montar el lanzador en el soporte en la posición superior (ver figura 11.13). Deslizar el lanzador hasta el extremo para que pivote alrededor de la posición de lanzamiento del proyectil.
2. Fijar el lanzador a la mesa utilizando la abrazadera de mesa y la varilla de 90 cm, como se muestra en la figura 11.13. Esta configuración permite lanzar la bola hacia el suelo.
3. No se necesitarán las fotocpuertas si se midieron las velocidades de lanzamiento en la sección anterior. Se puede utilizar la almohadilla con la base de la varilla y la varilla de 45 cm (ver figura 11.2) como tope para ayudar a atrapar el proyectil.
4. Ajustar el ángulo entre 20° y 60° , pero no a 45°
5. Medir la altura inicial desde la parte inferior de la posición de lanzamiento del proyectil hasta el suelo.
6. Usando un plumón, marcar la posición de lanzamiento en un trozo de cinta en el piso debajo del lanzador.

Procedimiento

1. Decidir qué intervalo (corto, medio o largo) se va a usar.
2. Utilizar los tres valores que se han medido para ese intervalo, calcular la velocidad de lanzamiento promedio.
3. Para el ángulo que fijó el lanzador, utilizar la segunda y tercer ecuación para calcular las componentes horizontal y vertical de la velocidad inicial.
4. Utilizar la quinta ecuación para determinar el tiempo de vuelo. Utilizar la cuarta ecuación para obtener el intervalo predicho.
5. Medir desde la posición de lanzamiento marcada en el piso, y pegar hacia abajo un trozo de papel centrado en el intervalo predicho. Se tratará de golpear este papel. Colocar una línea en el papel mostrando la ubicación prevista.
6. El cálculo se basó en la velocidad media de lanzamiento. Utilizando el valor más alto o más bajo, volver a realizar los cálculos. ¿Por cuánto cambia el intervalo predicho? Utilizar esta información para marcar un máximo y un mínimo estimados en el objetivo establecido.



(a) Lanzador en el suelo.

(b) Posición superior.

Figura 11.13: Posicionamiento del material.

7. Cubrir dicho objetivo con una hoja de papel carbón. Colocar el proyectil en el pistón y presionar el émbolo hasta la posición apropiada.
8. Verificar que todo el mundo está listo para lanzar el proyectil y anotar el lugar de aterrizaje.
9. Si el proyectil no golpea el papel, se deberá averiguar dónde se cometió el error y se volvera a intentar, lanzar un total de cinco bolas. ¿Cuántos golpean dentro de la predicción?
10. Medir la distancia a los cinco, y calcular el promedio. Comparar esto con el cálculo predicho con un porcentaje de error.
11. Repetir para un ángulo negativo entre -20° y -40° .

Ángulo positivo

$$Y_0 = 0.91 \text{ m}$$

$$\text{ángulo} = 20^\circ$$

$$\text{Alcance} = 2.30 \text{ m}$$

$$\text{Intervalo de medición} = 2.29 \text{ m}$$

$$\text{Porcentaje de error} = 0.4$$

El error en la determinación teórica es aproximadamente del 4 por ciento, con 3 por ciento de error de la medición del ángulo, otro 1 por ciento de error en la altura de lanzamiento. El resultado fue muy cercano al intervalo predicho, dado que los efectos de la resistencia del aire fueron despreciados en el cálculo.

Ángulo negativo

$$Y_0 = 0.87 \text{ m}$$

$$\text{ángulo} = -20^\circ$$

Alcance predicho = 1.22 m

Intervalo medido = 1.19 m

Porcentaje de error = 2.5

El error en la determinación teórica es aproximadamente del 4 por ciento, con 3 por ciento de error de la medición del ángulo, otro 1 por ciento de error en la altura de lanzamiento. El intervalo medido está muy dentro del intervalo predicho.

Cuestionario

1. ¿Cuáles son los factores adicionales que se deben considerar para enviar un misil de largo alcance?
2. ¿Cuáles son los factores adicionales que se deben considerar para enviar una misión al espacio?
3. En un partido de fútbol, un futbolista golpea a una pelota la velocidad de 10m/s con un ángulo de 37 grados con la horizontal. Si se encuentra en ese instante a 8 m de distancia del arco contrario, ¿hay posibilidades de gol?. La altura del arco es de 2.5m . ($g = 9.8\text{m/s}^2$).
4. **Pregunta de reto:** Asumiendo la rotación de la Tierra y que además el cañon apunta con un ángulo de 90° (despreciando la fricción del aire) a) ¿El balón caerá en la misma posición en la que fue lanzado? b) Calcular a qué altura deberá subir el balón tal que la Tierra haya rotado 1° .



12. Segunda ley de Newton

Palabras clave Fuerza, masa, velocidad, aceleración, posición.

Introducción¹

Las leyes de Newton son los fundamentos de la mecánica clásica por relacionar las causas (fuerzas) y los efectos (aceleración) con una bella simplicidad. En el libro Principia, Newton establece unos de los principios más importantes para el estudio de la física, a saber, la inercia, la dinámica, la acción-reacción y la atracción debido a la gravedad. En especial, la segunda ley, $\Sigma F = M * a$, es utilizada para explicar la dinámica de diversos objetos con muy buena precisión que van desde las partículas, autos, bicicletas, aviones, hasta el movimiento de los planetas o las galaxias, siempre y cuando se hagan las simplificaciones adecuadas para considerarlos como objetos puntuales.

Objetivo

Determinar la aceleración resultante del *carro con ventilador* bajo dos condiciones: Fuerza variable (manteniendo constante la masa) y masa variable (manteniendo la fuerza constante). El sensor de movimiento se utiliza para determinar la aceleración, y el sensor de fuerza se utiliza para medir la fuerza proporcionada por el carro del ventilador.

Cuestionario previo

1. ¿Cuál es la relación que tiene la fuerza con respecto a la aceleración?
2. Al empujar una caja hacia arriba de una rampa, ¿Se requiere menos fuerza si se empuja horizontalmente o si se empuja en forma paralela a la rampa? ¿Por qué?

¹Basado en PASCO-Scientific/P15 [14]

3. Una mujer en un elevador suelta su portafolio, pero este no cae al piso. ¿Cómo se está moviendo el elevador? ¿Cuál es la aceleración del portafolio?
4. Cuando vas dentro de un vehículo, ¿Qué te sucede cuando este frena abruptamente? ¿Por qué?

Fundamento teórico

La suma del cambio del momento total con respecto al tiempo es igual a la masa (M) del objeto multiplicado por la aceleración (a), es decir:

$$\sum \frac{dP}{dt} = M * a \quad (12.1)$$

El momento lineal está definido por la multiplicación de la masa por la velocidad $P = mv$. Si la masa permanece constante en cada experimento, entonces el cambio de la velocidad estará relacionado con la aceleración.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de movimiento	PS-2103A
1	Sensor de Fuerza	PS-2189
1	Sistema Dinámico	ME-6955
1	Accesorio soporte para sensor de fuerza	CI-6545
1	Carrito con Ventilador	ME-6977
2	Masa Compacta de Carro	ME-6755
2	Masa compacta	ME-9507
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 12.1: Material.

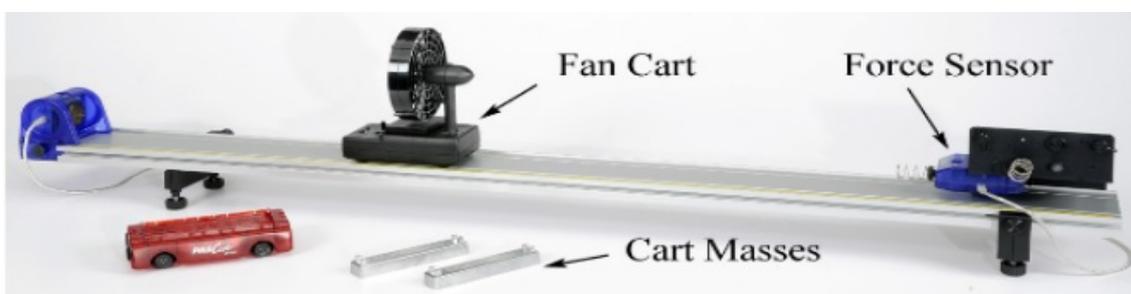


Figura 12.1: Midiendo aceleración del carro utilizando el sensor de movimiento.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Configurar la pista como se muestra en la figura 12.1 con el sensor de movimiento en el extremo de la pista que es el punto cero de la regla amarilla.
2. Conectar el sensor de movimiento en el puerto P1 de la interfaz y verificar que el interruptor de rango esté en el icono de carro.
3. Conectar el sensor de fuerza al soporte como se muestra en la figura 12.2. Utilizar el parachoques del resorte de servicio más ligero.
4. Conectar el sensor de fuerza en el puerto P2 de la interfaz.

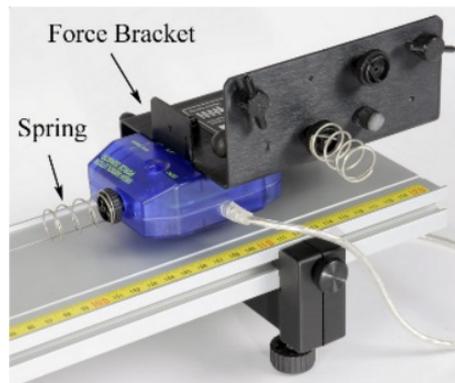
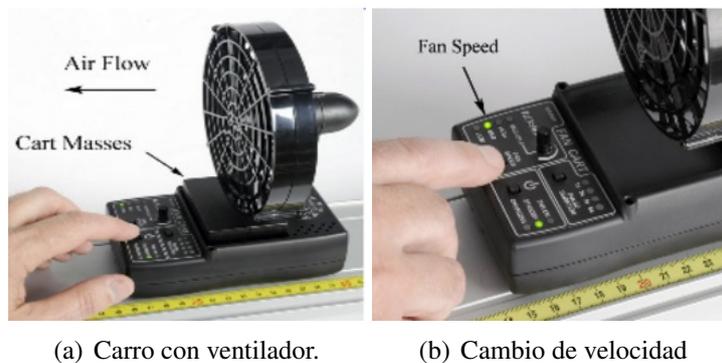


Figura 12.2: Sensor de fuerza.

5. Colocar el carro del ventilador en la pista como se muestra en la figura 12.3. El ventilador puede girar sobre su base, debe estar apuntando hacia el sensor de movimiento, con el indicador de ángulo puesto a cero grados.



(a) Carro con ventilador.

(b) Cambio de velocidad

Figura 12.3: Ajuste del material.

6. Colocar ambas masas compactas negras en la bandeja debajo del ventilador.
7. Ajustar el nivel de la pista para que el carro ruede ligeramente hacia abajo, para compensar la fricción. Poner el carro ligeramente hacia la derecha (lejos del sensor de movimiento) y hacer clic en "Monitor". Utilizar el gráfico de velocidad para ajustar el nivel de la pista de modo que el carro se mueva a velocidad constante.
8. Con el carro del ventilador en reposo contra el resorte, tarar el sensor de fuerza. Dar clic en "Monitor" de nuevo y ver la visualización de dígitos de la fuerza para asegurar que el sensor está leyendo cero. Tarar de nuevo si es necesario.

9. Encender el carro del ventilador (ver figura 12.3) presionando el botón de encendido. El carro del ventilador está ahora en modo de espera, y la velocidad del ventilador debe ajustarse en baja. Más adelante en el experimento cambiará la velocidad del ventilador. Presionar el botón de encendido de nuevo para iniciar y detener el ventilador.



Figura 12.4: Fuerza

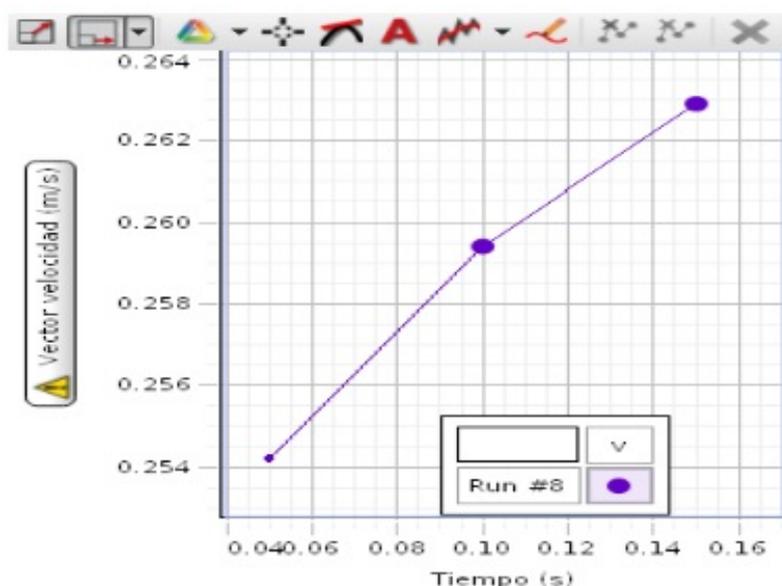


Figura 12.5: Pista nivelada

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 min.

1. Encender el ventilador. Se debe establecer en baja.
2. Con el carro del ventilador en reposo contra el muelle, comenzar a grabar. La pantalla de dígitos muestra el promedio de funcionamiento de la fuerza del ventilador, y debe mostrar rápidamente una lectura constante. Si el valor cambia gradualmente, detener y reiniciar la grabación.
3. Detener la grabación. Introducir la fuerza en la tabla siguiente. Ignorar el signo.
4. Con el ventilador todavía en funcionamiento, colocar la parte posterior del carro del ventilador en la marca de 15 cm. Siempre arrancar el carro desde esta posición.

5. Comenzar a grabar y soltar el carro del reposo. La recolección de datos no comenzará hasta que el carro alcance una posición de 18 cm, debido a una condición inicial. Esto dará mejores datos. Tratar de detener el carro antes de que llegue.
6. Se puede detener la grabación en cualquier momento, pero hay una condición de parada automática que detiene la grabación cuando el carro alcanza los 60 cm.
7. Seleccionar un ajuste de curva lineal para encontrar la aceleración del carro e ingresar el valor en la tabla. Repetir con la velocidad del ventilador ajustada en medio y alto.

	Nivel	F(N)	Aceleración $\frac{m}{s^2}$
1	Bajo	0.0575	0.0720
2	Bajo	0.0575	0.0665
3	Medio	0.1250	0.1520
4	Medio	0.1250	0.1520
5	Alto	0.2380	0.2820
6	Alto	0.2380	0.2820

Cuadro 12.2: Registro de datos



Figura 12.6: Fuerza media

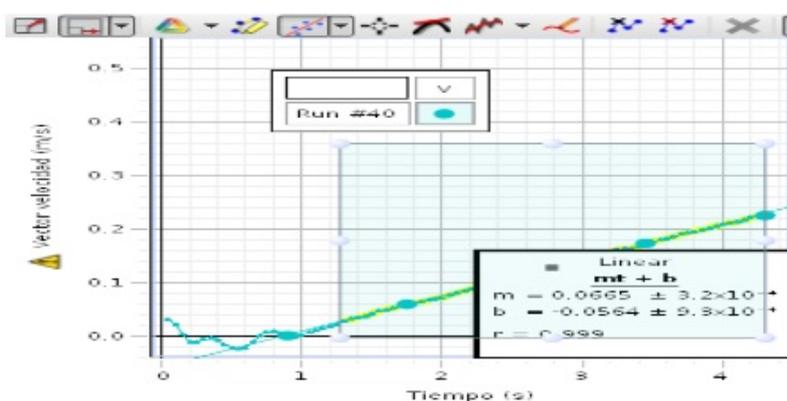


Figura 12.7: Gráfica del vector velocidad.

8. Este gráfico muestra los valores de la tabla de fuerza aplicada y la aceleración resultante. ¿Qué propiedad física representa la pendiente de un gráfico de fuerza en función de la aceleración?

Sugerencia: ¿Cuáles son las unidades de la pendiente?

9. Seleccionar un ajuste de curva lineal y determinar la pendiente.
10. Utilizar una balanza para encontrar la masa real del carro más barras de masa, y comparar con su valor.
11. La gráfica muestra que la fuerza aplicada es directamente proporcional a la aceleración resultante. ¿Cuál es la constante de proporcionalidad? Escribir la ecuación en el formulario:

$$F = (m)(a) \quad (12.2)$$

12. ¿Cuál es el nombre de esta ecuación?

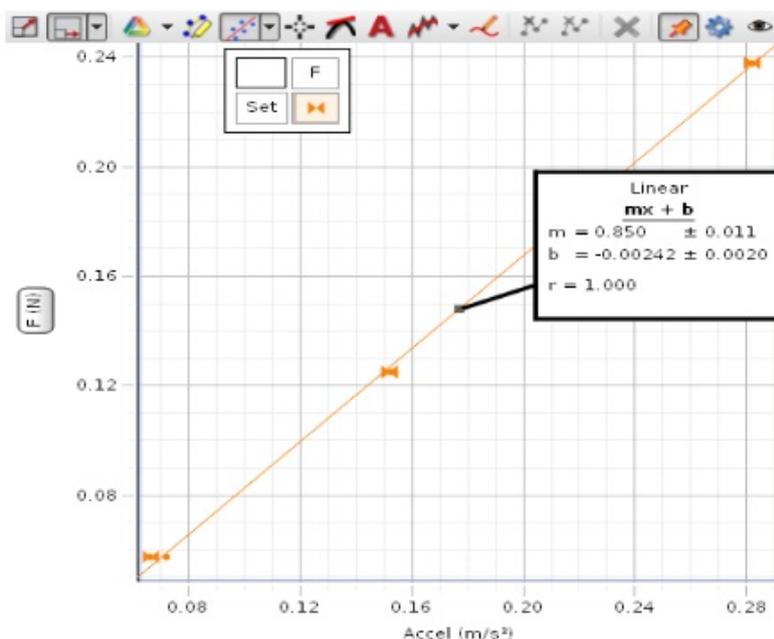


Figura 12.8: Gráfica de la fuerza vs. aceleración

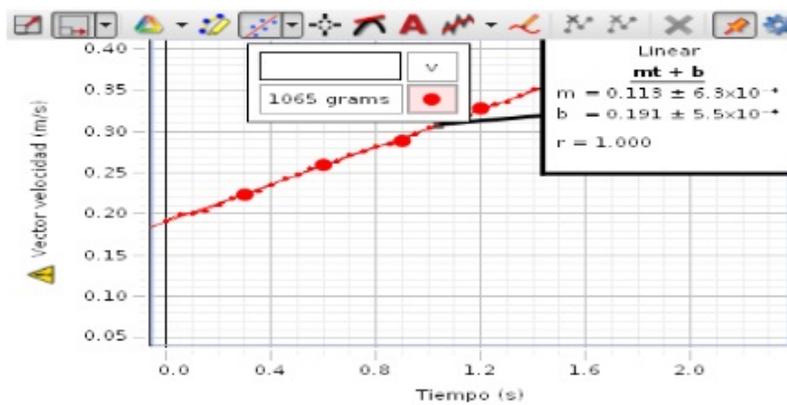
13. Retirar las masas del carro del ventilador, y usar la balanza para medir la masa del carro con ventilador mas la del carro PASCO (PAScar). Registrar el valor en la tabla siguiente.
14. Colocar el PAScar delante del carro del ventilador como se muestra en la figura 12.5. La bandeja del PAScar se utilizará para mantener la masa extra, pero empieza con el vacío.
Sobreponer las masas para el carro, para hacer más espacio.
15. Encender el ventilador, ajustar para velocidad media.
16. Comenzar a grabar y soltar el carro desde la marca de 15 cm. Hay condiciones de inicio y parada como antes.
17. Utilizar la pendiente para encontrar la aceleración como antes e ingresar el valor en la tabla 12.3.
18. Agregar una barra de masa y repetir. Utilizar todas las barras de masa, incluyendo las masas compactas negras. También cabrán en el PAScar.

	Carga	Masa(kg)	Aceleración $\frac{m}{s^2}$
1	PAS-CAR + ventilador	0.566	0.1990
2		0.566	0.1970
3	+1 masa	0.817	0.1370
4		0.817	0.1400
5	+2 masas	1.065	0.1130
6		1.065	0.1120
7	+3 masas	1.318	0.0898
8		1.318	0.098
9	+4 masas	1.571	0.0789
10		1.571	0.0790

Cuadro 12.3: Aceleración del PASCAR en relación a la variación de masa.

Cuestionario

1. El gráfico 12.8 muestra los valores de la tabla de la aceleración en función de la masa resultante. ¿Es este gráfico lineal? ¿Debería serlo?
2. Seleccionar el eje de masas y elegir $\frac{1}{m}$ calculo rápido.
3. Seleccionar un ajuste de curva lineal y determinar la pendiente. ¿Qué propiedad física representa la pendiente? ¿Cuáles son las unidades?
4. Comparar esto con el valor real que se midió anteriormente.
5. En general, ¿Qué sucede con la aceleración de un objeto cuando se aumenta la fuerza aplicada? (Asumir masa constante).
6. En general, ¿Qué sucede con la aceleración de un objeto cuando aumenta su masa?. Suponer una fuerza constante.



(a) Gráfico del mejor ajuste del vector velocidad con respecto al tiempo.



(b) Carro con ventilador empujando al PAS-CAR

Figura 12.9:

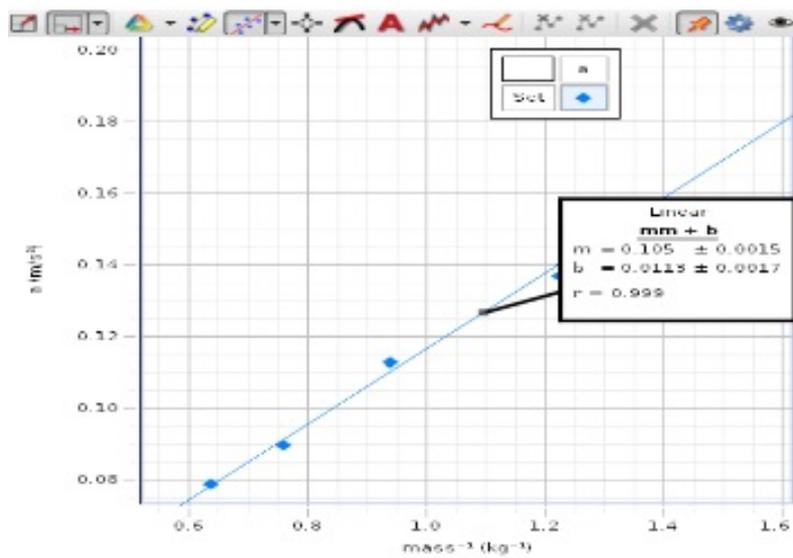


Figura 12.10: Gráfica de la aceleración contra la masa.

13. Coeficiente de fricción

Palabras clave

Coeficiente de fricción, estática, dinámica, parámetros fuerza, fuerza normal, masa, velocidad, área de superficie.

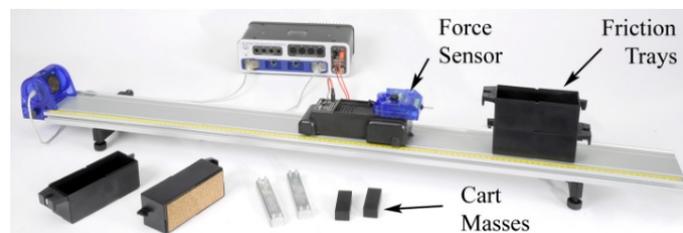


Figura 13.1: Material.

Introducción¹

El aprender a describir la fricción nos permite describir fenómenos más complicados como: el movimiento/deslizamiento de las capas tectónicas, el desgaste de las llantas de un automóvil, la interacción en un disco de acreción de una estrella o galaxia, entre otras aplicaciones.

¹Basado en PASCO-Scientific/P23 [15]

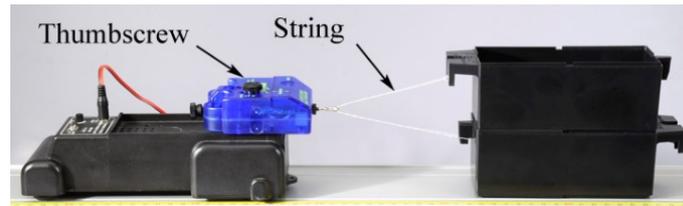


Figura 13.2: Bandejas atadas al sensor de fuerza.

Objetivo

Determinar el coeficiente de fricción y la fuerza necesaria para poder tirar de las bandejas de fricción, con diferentes materiales en su superficie. Identificar las diferencias entre fricciones cinéticas y estáticas para cada material. Las *bandejas de fricción* tienen diferentes materiales en su superficie inferior.

El carro motorizado (ver figura 13.1) se utilizará para tirar de las bandejas de manera controlada a lo largo de la pista, ya que el sensor de fuerza mide directamente la fuerza de fricción.

Cuestionario Previo

1. ¿Qué genera más trabajo, empujar una caja sobre una superficie lisa, o sobre una rugosa?
2. ¿Cuál requiere aplicar una mayor cantidad de fuerza? a) un caja en reposo (fricción estática), b) la misma caja pero una vez que se desliza (fricción cinética). ¿Por qué?
3. ¿A qué se debe la fuerza de fricción?
4. Un automovil en movimiento deja de acelerar hasta llegar al reposo, ¿Por qué se detiene el automovil? Considerando la ley conservación de la energía, ¿En qué se convierte la energía cinética?

Fundamento Teórico

La fuerza de fricción es un fenómeno muy complejo (interacción entre la materia a nivel molecular), pero para simplificarlo se ha considerado proporcional a diferentes variables, por ejemplo, en la caída de un objeto se considera proporcional a la rapidez, mientras que en el arrastre de objetos en una superficie rugosa se considera proporcional a la fuerza normal (N). La siguiente ecuación describe el modelo para la fuerza de fricción en el caso de arrastre de objetos:

$$F_{fric} = \mu N \quad (13.1)$$

La constante de proporcionalidad es llamada el coeficiente de fricción (μ), la cual depende del material, pero también se puede especificar aún más su nombre si el objeto se mueve (coeficiente de fricción cinética) o si permanece estático (coeficiente de fricción estática).

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Fuerza de Alta Resolución	PS-2103
1	Sensor de fuerza	PS-2189
1	Tornillo largo para el Sensor de Fuerza	PS-2189
1	Sistema Dinámico	ME-6955
1	Sensor de Fricción	ME-8735
1	Carro Motorizado	ME-9472
2	Masa Compacta	ME-9507
1	Cuerda	ME-8738
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 13.1: Material.

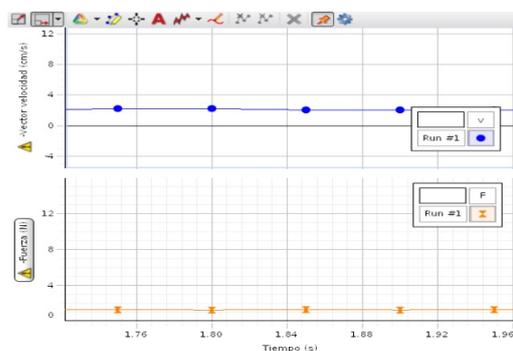
Tiempo estimado de armado: 10 min.

1. Instalar la pista como se muestra en la figura 13.1 y usar las patas ajustables para nivelar la pista.
2. Conectar el sensor de movimiento a la entrada P1 y colocarlo en la pista. Verificar que el interruptor en la parte superior del sensor de movimiento está ajustado en carro.
3. Conectar el sensor de fuerza a la entrada P4 y con el destornillador largo, fijarlo al carro como se muestra en la figura 13.2. Colocar el conjunto del sensor del carro en la pista.
4. Conectar el cable de alimentación del carro motorizado a la salida 1 y verificar que esté apagado. Con la tensión de CC ajustada a 2 V(voltios), encender y apagar la salida para asegurar que el carro esté funcionando. Se puede abrir y cerrar la ventana de salida seleccionando el generador de señales en la barra de herramientas del gráfico.
5. Conectar las bandejas de fricción al sensor de fuerza utilizando una cuerda como se muestra en la figura 13.2. La bandeja inferior debe tener la superficie de fieltro negro. Siempre se debe tirar con dos carros apilados, de modo que el sensor de fuerza a su vez tire de nivel. Para la bandeja superior, se debe usar una que posea plástico blanco en la parte inferior. El extremo inferior de la cuerda se tiene que enrollar alrededor del gancho de la bandeja; esto facilita el cambio de la superficie de la bandeja inferior.
6. Colocar las dos masas de plata en la bandeja superior de fricción. Si el carro motorizado tiene problemas para tirar de la carga, se deben agregar las masas compactas negras al carro delante del sensor de fuerza. Si todavía se generan problemas, se puede proceder a retirar una de las masas de plata de la bandeja.

Medición de velocidad y fuerza

1. Colocar el carro y las bandejas al extremo opuesto de la pista. Esta es la posición inicial para todas las carreras.

2. Abrir la ventana generador de señales y establecer el voltaje en 1.0 V. La salida debe ajustarse en automático, para que se active automáticamente el carro cuando se inicie la grabación de datos y se detenga cuando finalice la misma.
3. Comenzar la grabación. La grabación se puede detener en cualquier momento, pero también hay una condición de parada automática que detendrá la grabación cuando el carro esté a menos de 20 cm del sensor de movimiento.



(a) Gráfico de fuerza y velocidad.

	Set	Speed	Speed
	Voltage (V)	Speed (cm/s)	Friction (N)
1	0.8	1.5	1.20
2	0.9	2.0	1.25
3	1.0	2.2	1.34
4	1.5	4.7	1.41
5	2.0	7.2	1.41
6	2.5	10.0	1.42
7	3.0	12.7	1.42
8	3.5	15.1	1.42
9	4.0	18.2	1.42
10	4.5	20.8	1.40
11	5.0	23.2	1.40

(b) Recolección de datos.

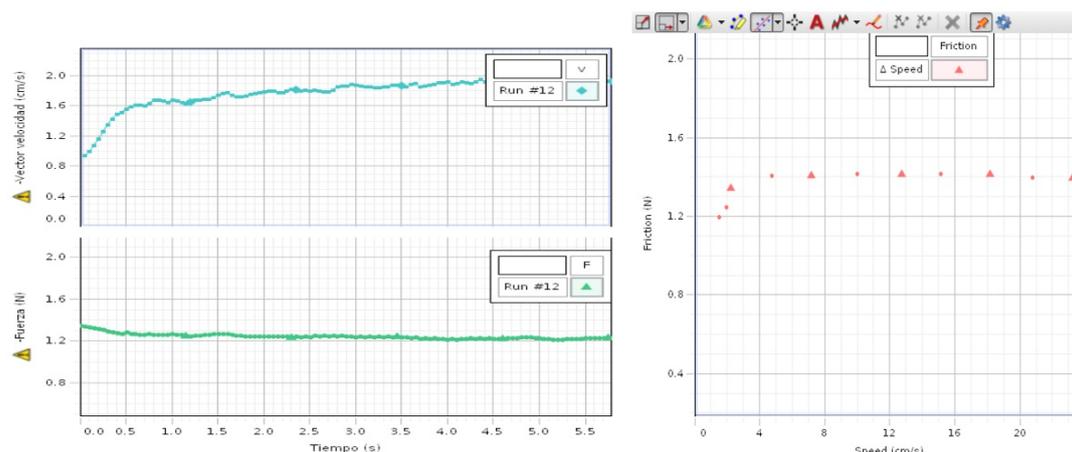
Figura 13.3: Datos y gráfico.

4. Si el carro motorizado no puede tirar de la carga, se debe aumentar el voltaje a 1.5 V.
5. Ajustar el sensor de movimiento si es necesario para obtener buenos datos de velocidad.
6. Los datos de fuerza serán ruidosos, pero se puede obtener una lectura media, para ello es necesario usar la herramienta suavizado en la barra de herramientas del gráfico. Utilizar el cálculo rápido de la barra de herramientas del gráfico en el eje para hacer que los valores sean positivos.
7. Utilizar la herramienta de coordenadas para medir velocidad y fuerza de fricción y elegir un tiempo que tenga datos buenos para ambos.
8. Registrar los datos obtenidos en la siguiente tabla.
9. Repetir el procedimiento para diferentes voltajes: 1.5 V, 2.0 V, 2.5 V, ..., hasta 5.0 V.
10. Los datos de fuerza de fricción en función de la Velocidad de la página anterior se representan gráficamente aquí. ¿Qué tendencia se puede ver en los datos? ¿Cómo depende la fuerza de fricción de la velocidad?
11. Tomar la relación entre máxima y la mínima velocidad. ¿Cuánto varió la velocidad? ¿Cómo varió la fuerza de fricción resultante? ¿La fricción cambió poco o mucho?
12. ¿Los datos obtenidos apoyan el concepto de que es una aproximación útil?. Suponer que la fricción de deslizamiento es independiente de la velocidad.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 40 minutos.

1. Volver a colocar la bandeja de fieltro inferior con superficie de plástico blanco. Comenzar con ambas bandejas vacías, y utilizar la balanza para determinar la masa. Calcular el peso combinado e introducir esto como la fuerza normal en una tabla como se muestra en la figura 13.5.

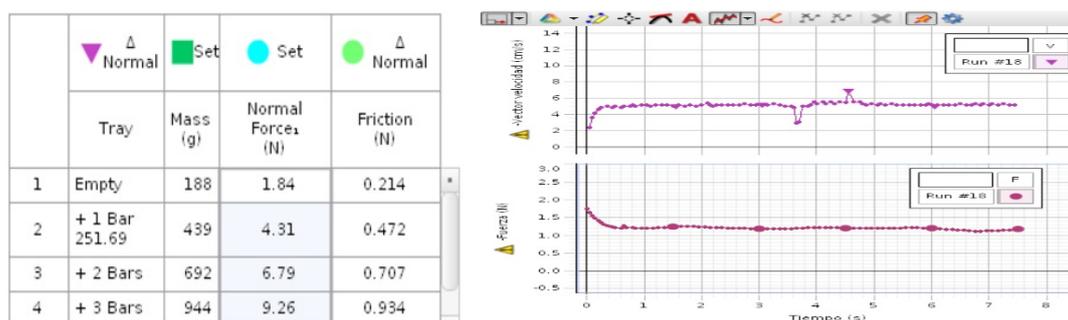


(a) Gráfico de Fuerza y velocidad

(b) Gráfico de Fricción en función de la Velocidad

Figura 13.4: Gráficos.

- Ajustar la salida de voltaje a 1,5 V y comenzar a grabar.
- Anotar la velocidad aproximada y, si es necesario, ajustar el voltaje en ciclos posteriores para mantener la velocidad igual.



(a) Datos.

(b) Fuerza y velocidad

Figura 13.5: Datos y gráfico.

- Registrar la fuerza de fricción en la tabla y agregar las 4 barras de masa (una a la vez) y repetir. Se deben obtener 5 valores.
- La fuerza de fricción frente a los datos de fuerza normal de la página anterior se representan gráficamente aquí.
¿Qué tendencia se puede ver en los datos? Realizar un ajuste de curva lineal. ¿Los datos son lineales?
- En la mayoría de los libros de texto se establece lo siguiente:

$$f = \mu N \quad (13.2)$$

Donde f = fricción, N = fuerza normal, y μ = coeficiente de fricción.

¿Los datos obtenidos apoyan esta suposición?

¿Cuáles son las unidades para μ ?

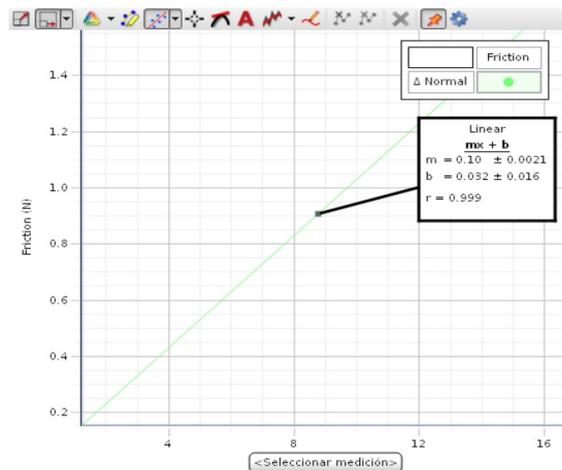


Figura 13.6: Fricción en función de la fuerza normal

7. Retirar todas las barras de masa, excepto una. Comenzar a grabar y usar el gráfico para medir la fuerza de fricción.
8. Utilizar la ecuación 13.2 para calcular el coeficiente de fricción para el material plástico blanco. Introducir el valor obtenido en la tabla siguiente.
9. Los coeficientes están siempre entre dos superficies.
¿Cuál es la otra superficie?
10. Volver a colocar la bandeja inferior de plástico con una bandeja de fieltro negro y repetir. Conectar la bandeja de fieltro inferior con una bandeja de material de corcho marrón y repetir.
11. ¿Qué material tiene el coeficiente más grande? ¿Cuál tiene menos?
12. ¿Qué tipo de fricción está midiendo, fricción estática o cinética (deslizante)?

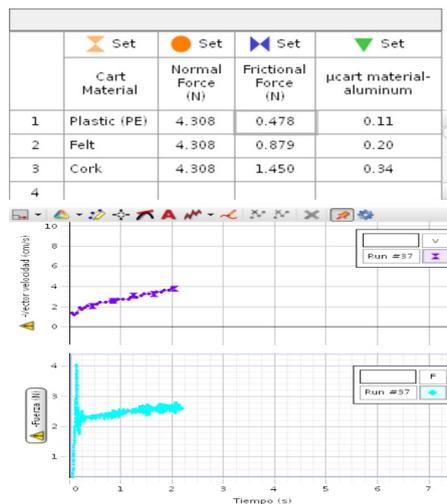


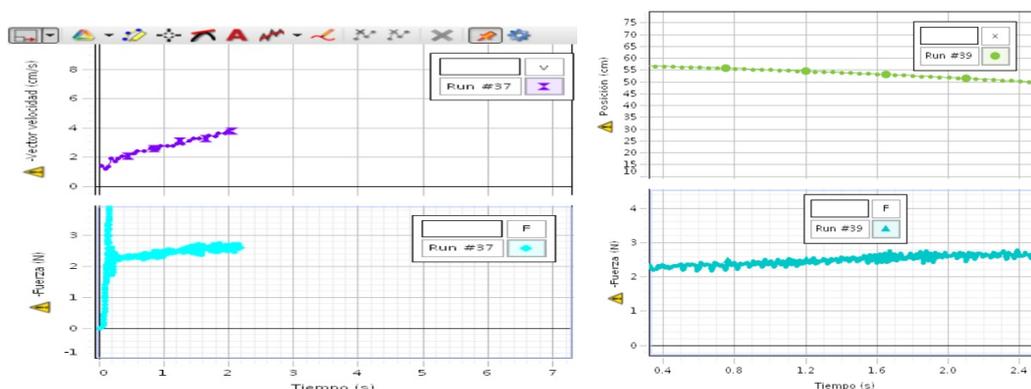
Figura 13.7: Cambio de Material

13. Conectar las bandejas como se muestra en la figura 13.8. Las dos bandejas inferiores deben ser de plástico blanco. Colocar una de las barras de masa de plata en cada una

- de las dos bandejas superiores, y realizar la prueba de tracción como antes.
14. Medir la fuerza del gráfico y utilizar la ecuación 13.2 para calcular el coeficiente de fricción para el material de plástico blanco.
 15. ¿Cómo se compara este valor (con el doble de superficie) con los valores anteriores? La mayoría de los libros de texto suponen que la fricción de deslizamiento es independiente de la superficie
¿Es verdad esto?
 16. Retirar las dos bandejas traseras, retomando la configuración original, tirando sólo dos bandejas. La bandeja inferior debe ser de corcho. Colocar las masas en la bandeja superior, y las masas negras en el carro motorizado delante del sensor de fuerza. Si el carro no tira de las bandejas, retirar una de las masas.
 17. El generador de señal está ahora configurado para incrementar la tensión y para aumentar lentamente la fuerza de tracción durante un periodo de 10 segundos. Si las bandejas no se liberan y se mueven en ese tiempo, se deberá aumentar la amplitud del voltaje.



Figura 13.8: Modelo con doble superficie.



- (a) Tiempo en función de la velocidad y fuerza. (b) Tiempo en función de la posición y fuerza.

Figura 13.9: Gráficos.

18. Comenzar la grabación y tan pronto como la bandeja empiece a deslizarse, detener la misma. Sin mover o tocar el carro y la bandeja, comenzar a grabar nuevamente.
19. Examinar los datos obtenidos. Se pueden ver desde los datos de posición donde la bandeja comienza a deslizarse, hasta el valor de la fuerza de fricción deslizando después de este punto. En el tiempo anterior
¿Qué aspecto tiene la fuerza?.

20. La mayoría de los materiales muestran un valor para la fricción estática ligeramente mayor que para la fricción (cinética) deslizando. ¿Los datos obtenidos apoyan esto? ¿Cuál es el mayor valor obtenido para el coeficiente estático?

Cuestionario

1. Usted intenta mover un automóvil de 1 tonelada por un piso horizontal. Para comenzar a moverlo, debe tirar con una fuerza horizontal de 300 N. Una vez que el automóvil comienza a moverse, puede mantenerse a velocidad constante con sólo 200 N. ¿Cuáles son los coeficientes de fricción estática y cinética?



14. Fuerza Centrípeta

Palabras clave

Fuerza, centrífuga y centrípeta, velocidad angular.

Introducción¹

Para un objeto que se mueve en un círculo, la fuerza centrípeta es el nombre dado a la suma de las componentes de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto dirigido hacia el centro del círculo. El estudio de la fuerzas para un movimiento acelerado son de gran interés para: las aseguradoras que quieren conocer las causas de un accidente automovilístico, los ingenieros que construyen juegos mecánicos, sondas espaciales que utilizan el tirón gravitatorio, científicos interesados en estudiar los huracanes, etc.

Objetivo

Verificar experimentalmente la fuerza centrípeta que experimenta un péndulo usando el sensor de fuerza y el sensor de movimiento rotatorio. Identificar cuál es la relación entre la fuerza centrípeta, la velocidad angular y el radio de movimiento.

Cuestionario Previo

1. Si un automóvil recorre una curva en la carretera, ¿Cuáles son las fuerzas que experimenta?
2. Argumenta al menos tres razones del por qué no es correcto nombrar "fuerza centrífuga".

¹Basado en PASCO-Scientific/P27 [16]

3. ¿Qué relación existe entre la fuerza centrípeta y la velocidad angular?
4. ¿Para qué sirve el ciclo de centrifugado de una lavadora? Explique en términos de las componentes de aceleración.

Fundamento Teórico

En muchas ocasiones se menciona, de manera coloquial, a la fuerza centrífuga, actualmente considerada una fuerza ficticia, porque sólo aparece en un marco de referencia no inercial (marco acelerado) y que es explicado con la primer Ley de Newton al describir una trayectoria tangencial a la curva (por ejemplo, la masa unida a una cuerda que se rompe). Por otro lado, la fuerza centrípeta es la responsable de mantener en movimiento sobre un camino curvo a un objeto (movimiento acelerado). La fuerza centrípeta esta dirigida hacia el centro de la curvatura del camino y es expresada por la siguiente ecuación en términos de la masa (m) y de la aceleración centrípeta (a_c):

$$F_{centrpeta} = m * a_c = m \frac{v_t^2}{r} \quad (14.1)$$

Para el caso de movimiento circular, la aceleración radial es dada en términos de la rapidez tangencial y el radio. Se hace notar que la fuerza centrípeta es proporcional al cuadrado de la rapidez tangencial e inversamente al radio, razón del porque las curvas cerradas a exceso de velocidad son las causas de accidentes automovilísticos.

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento Giratorio	PS-2120
1	Sensor de Fuerza de Alta Resolución	PS-2189
1	Péndulo de Fuerza Centrípeta	PS-2189
1	Abrazadera de Mesa	ME-9472
1	Barra de 90 cm	ME-8738
2	Abrazadera Múltiple	ME-9507
1	Cuerda	ME-8050
1	Balanza	SE-8723
1	Metro de Madera	SE-8827

Cuadro 14.1: Material.

Instalación del equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Utilizar la abrazadera para la mesa y la varilla de 90 cm para soportar el sensor de movimiento giratorio como se muestra en la figura 14.1. Conectar el sensor de movimiento rotatorio en la interfaz.

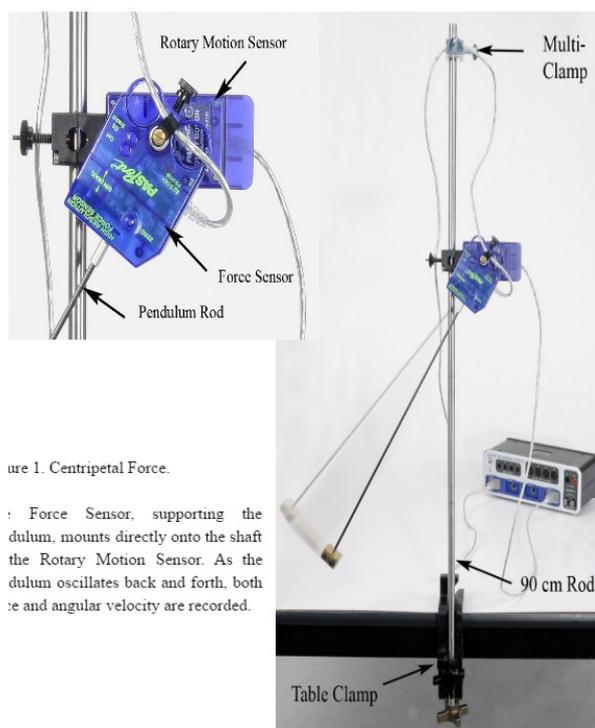


Figure 14.1: Centripetal Force.

The Force Sensor, supporting the pendulum, mounts directly onto the shaft of the Rotary Motion Sensor. As the pendulum oscillates back and forth, both force and angular velocity are recorded.

Figura 14.1: Fuerza centrípeta



(a) Cable del sensor de fuerza del soporte. (b) Montaje del sensor de fuerza.

Figura 14.2: Montaje del equipo.

2. Utilizar el tornillo y la barra como se muestra en la figura 14.2 para sujetar el cable del sensor de fuerza en el centro de la rotación. Esto reduce en gran medida el efecto de la cuerda sobre el movimiento del péndulo.
3. Desplazar el sensor de fuerza con la barra de montaje sobre el eje del sensor de movimiento giratorio y apretar el tornillo, como se muestra en la figura 14.2b. El tornillo de plástico negro sujeta el sensor de fuerza al poste de montaje.
4. Utilizar la abrazadera múltiple para soportar el cable del sensor de fuerza directamente encima como se muestra en la figura 14.1. Conectar el sensor de fuerza en la interfaz.
5. Utilizar los dos tornillos para fijar la masa del péndulo a la barra como se muestra en la figura 14.3. Más adelante en el experimento, la masa estará localizada en varios radios, pero ahora se deberá colocar el fondo de la misma al tope con el extremo de la barra.

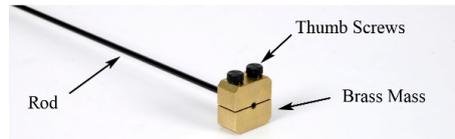


Figura 14.3: Masa del péndulo.

6. Atornillar la varilla del péndulo al sensor de fuerza como se muestra en la figura 14.1.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

1. Con el péndulo estacionario, calibrar el sensor de fuerza utilizando el botón cero del estuche. Esto calibrará el peso del péndulo, de modo que durante el experimento, el sensor de fuerza estará midiendo solamente la fuerza debido a la rotación del péndulo.
2. Sacar al péndulo del equilibrio como se muestra en la Figura 14.1, comenzar a grabar y soltar el péndulo. Inmediatamente hacer detener la grabación, ya que sólo se quiere grabar la mitad de un ciclo.
3. Comprobar el signo de los datos de velocidad angular cuando se liberá del reposo. Tiene que ser positivo. Abrir el resumen de datos y seleccionar propiedades (engranaje) para el sensor de movimiento giratorio. Anotar la casilla de verificación para cambiar el signo y seleccionar el botón cero ahora; esto hará que el ángulo sea cero cuando el péndulo esté en reposo.
4. Comprobar el signo de los datos de fuerza. También debe ser positivo. Si es necesario, abrir el resumen de datos y seleccionar el icono de propiedades para el sensor de fuerza y cambiar el signo. Una vez que se verifique que todo está correcto, borrar todas las ejecuciones de datos.

En la siguiente parte, se dejará que el péndulo oscile continuamente mientras se toman varios conjuntos de datos cortos. Cada conjunto de datos tiene que ser alrededor de uno o dos ciclos de largo. Se debe tener al menos un máximo en los datos de velocidad angular: Esto corresponde a cuando el péndulo está en la parte inferior de su oscilación.

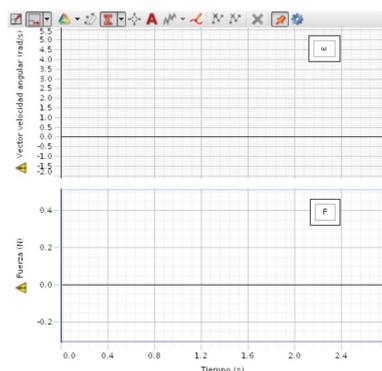
5. Sacar al péndulo del equilibrio nuevamente y soltarlo, después de haber completado un ciclo, comenzar a grabar y tomar datos para 1 o 2 ciclos, y luego detener. Sin tocar el péndulo, registrar los datos para otro par de ciclos. La única parte importante de cada ejecución de datos es que se observe un valor máximo para los datos de velocidad angular.
Seguir registrando más ciclos (sin alterar el péndulo) hasta que el máximo de velocidad angular sea inferior a $1 \frac{rad}{s}$. Se tienen que obtener al menos 10 ejecuciones.
6. Utilizar el selector de datos de la barra de herramientas del gráfico, y seleccionar ejecutar (1). Tener en cuenta que las estadísticas están activadas, mostrando el valor máximo en ambos gráficos.
7. Verificar que los dos máximos son para el mismo tiempo. Se puede utilizar la herramienta de selección de datos para resaltar sólo el pico que se desea.

8. Si los datos son demasiado ruidosos, se puede utilizar la herramienta de suavizado.
9. Introducir los valores de la fuerza y velocidad máximas en la tabla siguiente. Repetir para las otras ejecuciones.

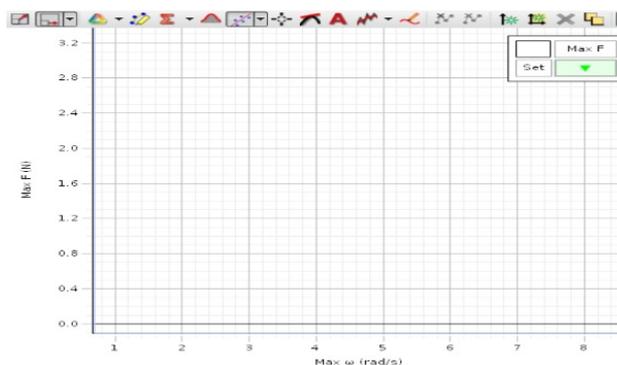
Num	Max F (n)	Max ω (rad/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Cuadro 14.2: Max F y Max ω

10. En general, la fuerza centrípeta es la suma de las componentes de todas las fuerzas que actúan sobre la masa del péndulo dirigida hacia el centro del círculo, que debe incluir el peso del péndulo. Pero para estos datos, los datos de fuerza son la fuerza centrípeta. ¿Por qué?
11. ¿Los datos obtenidos son lineales?
¿Es la fuerza centrípeta directamente proporcional a la velocidad angular?
12. Utilizar un calculo rápido y cambiar el eje horizontal a ω^2 . ¿Los datos son lineales ahora?
¿Cómo depende la fuerza centrípeta de la velocidad angular?



(a) Tiempo en función de fuerza y velocidad.



(b) Montaje del sensor de fuerza.

Figura 14.4: Gráficos

13. Utilizar un ajuste lineal y registrar la pendiente para su uso posterior. ¿Cuáles son las unidades?
14. En esta sección, variará el radio. Deslizar la masa por la varilla y usar un metro ver figura 14.5 para colocar la parte superior de la masa a 20 cm del centro de rotación.

15. Observar la visualización del ángulo añadido. Para cada serie, se desea que la amplitud inicial de la velocidad angular sea de aproximadamente 4 rad/s. Esto es determinado por el desplazamiento angular inicial, y por lo tanto ayuda a observar el ángulo.
16. Con el péndulo en reposo, comenzar a grabar. Desplazar el péndulo alrededor de 30° y soltarlo. Si la velocidad angular máxima inicial no es de 4 rad/s, entonces se debe detener la grabación e intentar otra ejecución, ajustando el desplazamiento inicial.
17. Grabar datos hasta que la amplitud de la velocidad angular esté por debajo de 3 rad/s.



Figura 14.5: Desplazar la masa 20 cm.

18. En esta sección, variará el radio, pero la fuerza será siempre leída cuando la velocidad angular sea de aproximadamente 3 rad/s.
19. Debido a que existe una incertidumbre muy grande en esta medición, se deben tomar varias mediciones en cada radio, como se muestra en la página siguiente.
20. Examinar cuidadosamente los datos. Se quiere encontrar el momento en que la velocidad angular de amplitud es lo más cercana posible a 3 rad/s (en cualquier dirección). En ese momento, medir la máxima fuerza positiva.

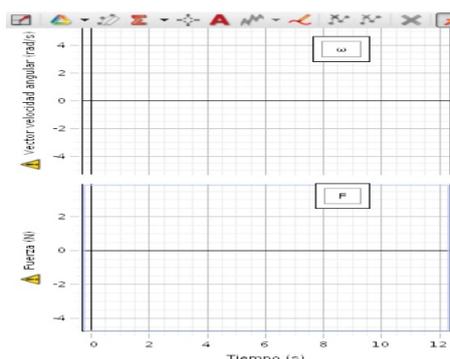


Figura 14.6: Fuerza y Velocidad.

21. Una vez que se obtenga una buena ejecución, usar las herramienta de coordenadas para medir la fuerza a 3 $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ e ingresar los valores en la tabla 14.3, a continuación. Cuando se obtenga un buen promedio sólido, ingresar esa fuerza promedio en la tabla 14.4. Repetir para todos los radios listados.

Num	Fuerza (N)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Media	–

Cuadro 14.3: Fuerzas

22. ¿Los datos obtenidos son lineales?
 23. ¿Cómo depende la fuerza centrípeta del radio?

Num	Radio (cm)	Avg F (N)
1	20	
2	25	
3	30	
4	35	
5	40	
6	45	
7		
8		
9		
10		

Cuadro 14.4: Radio y Fuerza promedio

En este experimento, se encontró que la fuerza centrípeta sobre un objeto que gira en movimiento circular es directamente proporcional al radio (r) del círculo y proporcional al cuadrado de la velocidad angular ω . Esto puede resumirse como:

$$F_c = mr\omega^2 \quad (14.2)$$

Donde m es la masa del objeto en movimiento circular. Así, una gráfica de F en función de ω^2 da como resultado una línea recta con una pendiente igual a mr .

Dependencia del radio y la fuerza centrípeta.

1. Reposicionar la masa al tope con el extremo de la varilla, como ocurrió en la primera parte del experimento. Medir la distancia desde la parte superior de la masa hasta el centro de rotación. ¿Por qué este no es el radio correcto para usar en la ecuación?
2. Retirar el péndulo y la barra del sensor de fuerza y usar una balanza para encontrar su masa.
3. Utilizar esta masa y la pendiente de la gráfica (1) para encontrar el radio efectivo (r).

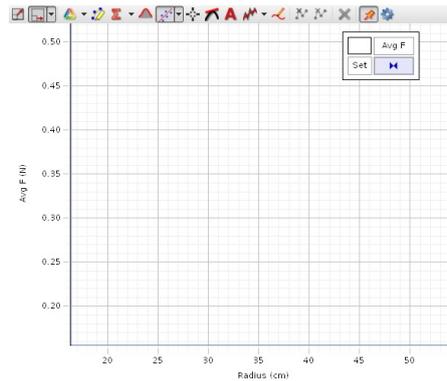


Figura 14.7: Dependencia del radio y la fuerza centrípeta.

4. ¿Cómo se compara el radio efectivo calculado con la longitud medida en la parte 1, arriba?
5. Usar un trozo de cuerda para equilibrar el péndulo y encontrar el centro de masa.

Cuestionario

1. El automóvil deportivo va por una curva sin peralte de radio R . Si el coeficiente de fricción estática entre los neumáticos y la carretera es m_s , ¿Cuál es la rapidez máxima v_{mx} con que el conductor puede tomarse la curva sin derrapar?
2. Una curva de 30 m de radio está peraltada de manera que un auto puede tomarla a 15m/s . Hallar la pendiente de la curva.
3. Una bola b está unida al extremo de un hilo de 24 cm de longitud cuyo otro extremo es un punto fijo O . La bola describe una circunferencia horizontal de radio C_B , hallar la velocidad de la bola sabiendo que el hilo forma un ángulo de 30 grados con la vertical.
4. Un cuerpo de 2 kg está unido a una cuerda describe una circunferencia vertical de 3 m de radio. Hallar: a) la mínima velocidad V_t que debe tener el cuerpo en la posición más alta para que la cuerda permanezca tirante. b) la mínima velocidad V_b en la posición más baja para que la cuerda siga tirante cuando el cuerpo se dirige hacia la posición superior de la circunferencia. c) La tensión T_b en la cuerda cuando el cuerpo está en la posición inferior de la circunferencia moviéndose a la velocidad crítica V_b



15. Conservación de la energía

Palabras clave

Conservación, energía, energía potencial, energía cinética, péndulo.

Introducción¹

A lo largo de la historia de la física, se han mantenido invariables ciertos principios, como es el caso de la conservación de la energía; la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. En esta práctica analizaremos la conversión de energía cinética a potencial y viceversa.

Objetivo

Verificar la conservación de energía en el movimiento de oscilación de un péndulo.

Cuestionario Previo

1. ¿Cuál es la diferencia entre energía cinética y la energía potencial?
2. Supongamos que un día se descubre que la ley de conservación de energía esta incorrecta. Si este fuera el caso, ¿Cómo funcionaria un automóvil?
3. ¿Cuál es la diferencia entre fuerzas conservativas y no conservativas?
4. ¿Cuál sería el diagrama de energía para un péndulo simple?

¹Basado en PASCO-Scientific/P30 [17]

Fundamento Teórico

Cuando un péndulo oscila, la energía potencial se transforma en energía cinética, y luego de nuevo a la energía potencial, ya que la velocidad y la elevación del péndulo varían durante el movimiento. En este experimento, el movimiento del péndulo se mide por el sensor de movimiento giratorio. La altura h del péndulo se calcula usando el ángulo θ y la longitud del péndulo L . Usando trigonometría, se puede demostrar que:

$$h = L(1 - \cos \theta) \quad (15.1)$$

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento Giratorio	PS-2120A
1	Set de Densidades	ME-8569
1	Abrazadera Múltiple	ME-9507
1	Abrazadera de Mesa	ME-9472
1	Barra de 90 cm	ME-8738
1	Barra de 45 cm	ME-8736
1	Cuerda	SE-8050
1	Balanza	SE-8723
1	Metro de Madera	SE-8827

Cuadro 15.1: Material.

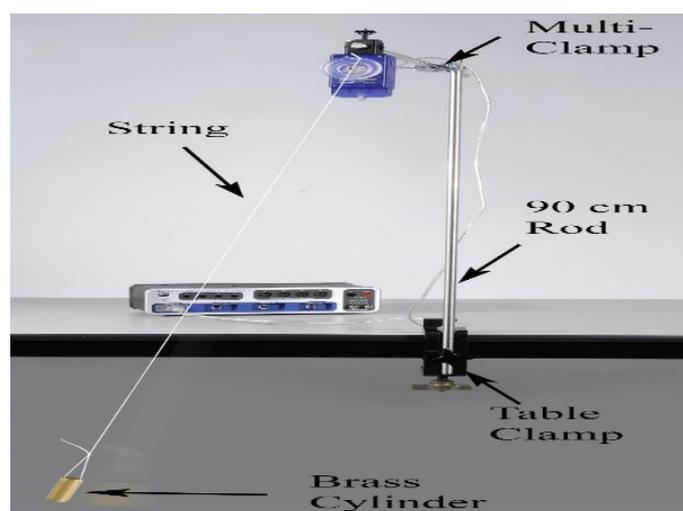


Figura 15.1: Péndulo simple.

Instalación del equipo

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Fijar la abrazadera y la varilla de 90 cm a la mesa como se muestra en la figura 15.1. Utilizar la abrazadera múltiple y la varilla de 45 cm para suspender el sensor de movimiento.
2. Utilizar una balanza para determinar la masa del cilindro de latón del conjunto de densidad.
3. Cortar una cuerda de aproximadamente 1.5 m de longitud y enhebrar un extremo a través de ambos agujeros de la polea del sensor de movimiento giratorio como se muestra en la figura 15.2. Hacer un nudo en la parte superior para evitar que la cuerda se retraiga.

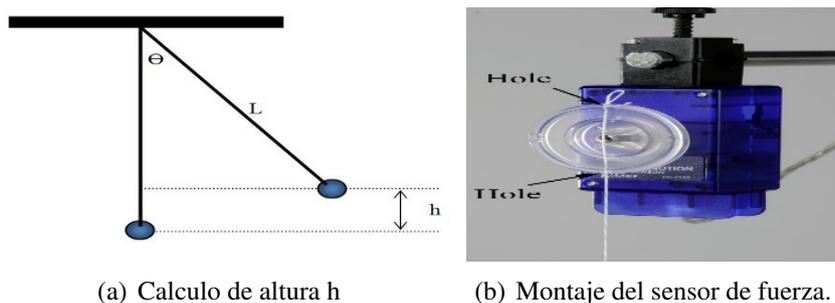


Figura 15.2: Cuerda a través de la polea

4. Atar la masa al otro extremo de la cuerda. La cuerda debe ser lo más larga posible, sin que la masa toque el suelo. Con la mayor exactitud posible, determinar la longitud L de su péndulo. Medir desde el centro de rotación hasta el centro de la masa cilíndrica.

Cálculos

Utilizar la plantilla del archivo PASCO correspondiente para realizar los cálculos.

1. Abrir la herramienta calculadora y cambiar los valores por defecto para la masa del péndulo m en el cálculo 2, y la longitud L en el cálculo 4, a los valores para el péndulo.
2. El cálculo 3 utiliza la relación entre la velocidad tangencial v y la velocidad angular de rotación ω .

$$v = \omega r \quad (15.2)$$

donde el radio r es igual a L , la longitud del péndulo. La velocidad de rotación angular ω se calcula tomando la derivada del ángulo, θ .

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 40 minutos.

1. Verificar que el péndulo está absolutamente inmóvil y comenzar a grabar.
2. Inmediatamente tirar del péndulo lateralmente alrededor de 30° y soltarlo suavemente.
3. Sólo son necesarias 2 o 3 oscilaciones, luego detener la grabación.
4. Los datos deben estar completamente libres de picos. Si el péndulo no se libera suavemente, habrá oscilaciones secundarias no deseadas. Repetir hasta que se obtenga una buena y suave ejecución.

5. Utilizar la herramienta de coordenadas para medir la primera velocidad máxima del péndulo.
6. Usando esta velocidad y la masa del péndulo, calcular la energía cinética máxima.
7. Medir la energía cinética del gráfico para el mismo tiempo y comparar.

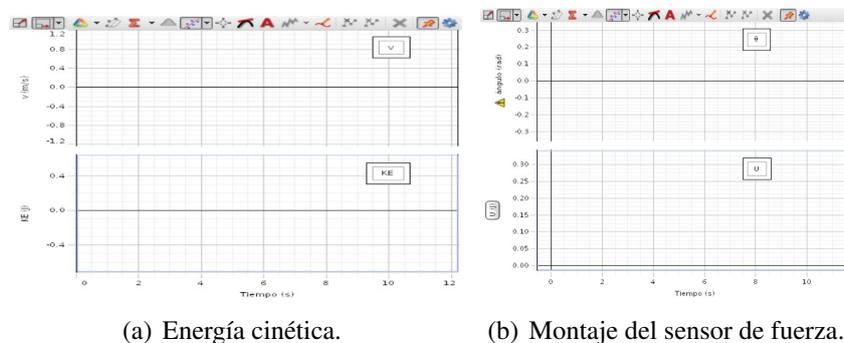
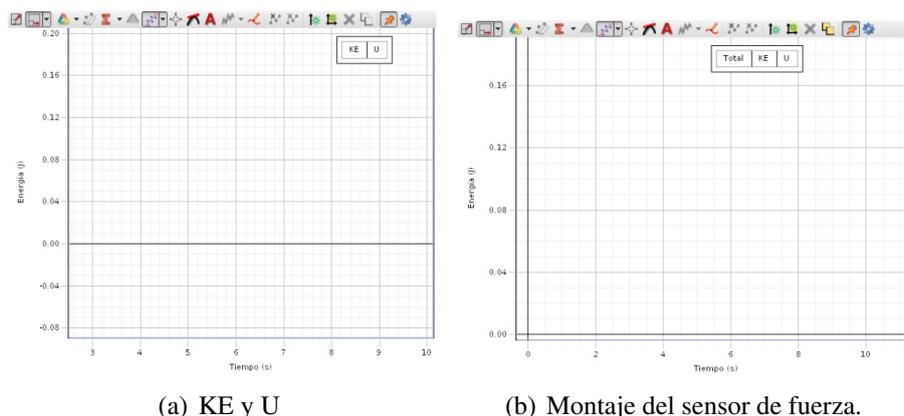


Figura 15.3: Energía cinética.

8. Utilizar la herramienta de coordenadas para medir el primer máximo en el ángulo del péndulo.
9. Usando la ecuación 15.1, calcular la altura resultante (h).
10. Usando esta altura y la masa del péndulo, calcular la energía potencial máxima.
11. Medir la energía potencial del gráfico para el mismo tiempo y comparar.
12. ¿Cómo se compara esta energía potencial máxima con la energía cinética máxima de la página anterior?
¿Cómo deben ser?
13. Este gráfico muestra tanto la energía cinética como la energía potencial. En general, ¿Qué se puede decir acerca de las dos curvas?. Por ejemplo, cuando una curva disminuye, lo que está sucediendo a la otra.
14. Usando anotaciones, marcar donde el péndulo está en la parte superior de la oscilación y donde está en la parte inferior.

Figura 15.4: Energía total= $KE+U$.

15. Este gráfico incluye la energía total ($KE + U$).
¿Qué se puede concluir sobre las transformaciones y la conservación de la energía para el movimiento de un péndulo?

16. ¿En general, la energía total tiende a disminuir o aumentar?
¿Cuál es la razón?

Cuestionario

1. Se lanza un balón verticalmente hacia arriba con rapidez inicial v_0 . Si no se desprecia la resistencia del aire, se encuentra que cuando el balón regresa a su altura inicial, entonces su rapidez será menor que v_0 . Explique esto usando conceptos de energía.



16. Las colisiones en 1D

Palabras clave

Colisión elástica, inelástica, energía, momento lineal, conservación del momento lineal.

Introducción¹

Para seguir analizando la interacción entre diferentes objetos, por ejemplo, el movimiento de las bolas en el billar o la energía cinética liberada al momento del choque de un meteorito con la Tierra, es necesario introducir los conceptos de colisiones y conservación de energía. Estos principios son válidos incluso en los grandes colisionadores de hadrones, en los cuales se alcanzan rapidezces cercanas al de la luz.

Objetivo

Verificar la conservación del momento lineal para colisiones elásticas e inelásticas en una dimensión. Las colisiones elásticas e inelásticas se realizarán haciendo uso de 2 carros con masas diferentes, los cuales utilizan toques magnéticos en la colisión elástica y parachoques de velcro en la colisión inelástica. Tanto el impulso y la energía cinética se examinan antes y después de las colisiones.

¹Basado en p33

Cuestionario Previo

Cuestionario

1. ¿A qué se debe de que los automóviles tengan protección contra accidentes de tal forma que se aplasten por el frente y por detrás? ¿Y por qué no para choques de lado y volcaduras?
2. Después de una colisión, los pasajeros que no usaban cinturón de seguridad son lanzados a través del parabrisas. ¿Por qué?
3. Un trailer (A) chocha de frente contra de un automóvil (B). ¿Cuál fuerza tiene mayor magnitud entre A o B, o son iguales? ¿Su respuesta depende de la rapidez de cada vehículo antes del choque? ¿Por qué?

Fundamento Teórico

El impulso de un carro depende de su masa y velocidad.

$$\text{Momentum} = P = mv \quad (16.1)$$

La dirección del momento es la misma que la dirección de la velocidad. Durante una colisión, el momento total del sistema de los dos carros se conserva debido a que la fuerza neta sobre el sistema de los 2 carros es cero. Esto significa que el momento total justo antes de la colisión es igual a la cantidad de movimiento total justo después de la colisión. Si el impulso de uno de los carro disminuye, el impulso del otro carro deberá de aumentar en la misma cantidad. Esto es cierto independientemente del tipo de colisión, e incluso en los casos en que la energía cinética no se conserva.

La energía cinética de un carro también depende de su masa y velocidad, pero la energía cinética es un escalar. La energía cinética total del sistema de los 2 carros se encuentra sumando las energías cinéticas de los carros individuales.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (16.2)$$

Diseño Experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
2	Sensor de Movimiento	PS-2103A
1	Sistema Dinámico con dos carros	ME-6955
1	Parachosques Elástico	ME-8998
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 16.1: Material.



Figura 16.1: Material

Nota: La velocidad de cada carro se mide usando el sensor de movimiento.

Instalación del equipo.

Tiempo estimado de armado: 10 minutos.

1. Instalar tanto amortiguadores elásticos y patas ajustables, como se muestra en la figura 16.1.
2. Usar una balanza para medir la masa de ambos carros con la barra de masa extra.
3. Colocar los sensores de movimiento a la pista. Mantener la orientación mostrada (ver figura 16.1), con el seguimiento del sensor de movimiento del carro rojo conectado al puerto P1 en la interfaz y el sensor de movimiento de la vigilancia de la cesta azul conectado al puerto P4.
4. Nivelar la pista colocando los tornillos de nivelación en la parte inferior de la misma. Cuando se coloca un carro en reposo en la pista, se debe empujar en cada dirección. No debería acelerar en cualquier dirección.
5. Orientar los carros de modo que los extremos del velcro se junten entre sí, como se muestra en la figura 16.2.
6. El programa está configurado de modo que las velocidades de los dos carros son positivos a la derecha, cuando los carros se están alejando del sensor conectado al puerto P1, comenzar la grabación y empujar los carros hacia la derecha. Verificar que se están consiguiendo buenos datos, limpios y con velocidad positiva. Abrir la calculadora para ver los cálculos 1 y 2, donde se establecen estas señales: M_{rojo} es la masa del carro rojo y M_{azul} es la masa del carro azul.

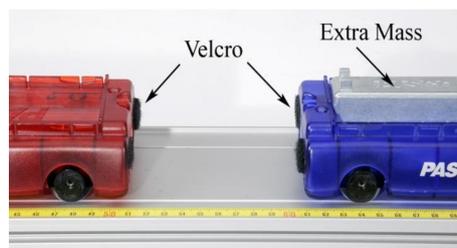


Figura 16.2: Configuración colisión inelástica

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 40 min.

1. Colocar el carro azul (con la barra de masa extra) a unos 40 cm de su sensor de movimiento y el carro de color rojo alrededor de 20 cm de su sensor de movimiento.
2. Comenzar a grabar y empujar el carro rojo hacia el azul. Existe una condición de parada automática que debe detener la toma de datos cuando el carro azul está más cerca de 20 cm del sensor.
3. Obtener datos limpios suaves antes y después de la colisión. Abrir el resumen de datos y cambiar el nombre de esta ejecución a inelástico.
4. Hacer uso de la herramienta *coordenadas*, medir la velocidad del carro rojo justo antes y después de la colisión.
5. Calcular la cantidad de movimiento total antes y después de la colisión. ¿Qué se concluye, se conservó el impulso?
Velocidad antes y después $V_{rojo}(t = inicio) = ?$ y $V_{rojo}(t = final) = ?$, así como el momento antes y después $P_i = ?$ y $P_f = ?$
6. Invertir los 2 carros de modo que los extremos con los imanes se toquen entre sí, pero mantener el carro rojo cerca del sensor de movimiento conectado al P1.
7. Colocar los carros en la pista como antes, comenzar a grabar y empujar el carro rojo hacia el azul. Obtener buenos datos y nombrar esta ejecución como elástica.
8. Al igual que en el punto 4, hacer uso de la herramienta *coordenadas*, medir la velocidad del carro rojo justo antes y después de la colisión.
Nota: No se debe ignorar el signo de la velocidad.
9. Medir la velocidad del carro azul justo después de la colisión.
10. Al igual que en el punto 5, calcular la cantidad de movimiento total antes y después de la colisión. ¿Qué se puede concluir, se conservó el impulso?
11. ¿Fue más difícil de determinar cuándo medir para este choque elástico?
¿Por qué las curvas son más redondeadas en el punto de colisión?

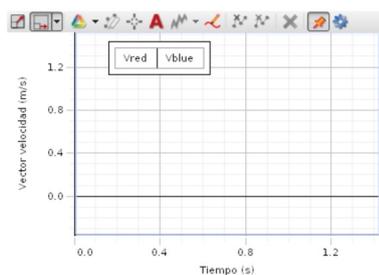
$$V_{rojo}(t = antes) = ?$$

$$V_{rojo}(t = despues) = ?$$

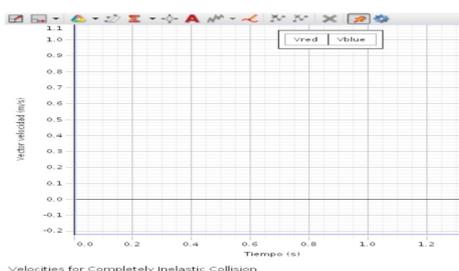
$$V_{azul}(t = despues) = ?$$

$$P(t = antes) = ?$$

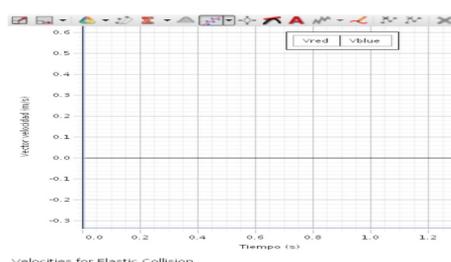
$$P(t = despues) = ?$$
12. Abrir la ventana de la calculadora y observar el cálculo 3, que calcula automáticamente la cantidad de movimiento total de los 2 carros para toda la serie de datos. Se pueden reemplazar las masas aproximadas de los carros (cálculos 4 y 5) con sus valores reales.
13. En el gráfico que se muestra a continuación, utilizar el selector de ejecución para mostrar los datos de la colisión inelástica.
14. Examinar el gráfico de movimiento para ver lo que sucede antes, durante y después de la colisión. ¿Se ve como el momento se conserva?
15. Repetir el procedimiento para la colisión elástica.
16. Abrir la calculadora y observar el cálculo 6, que calcula automáticamente la energía cinética total de los dos carros para toda la serie de datos.



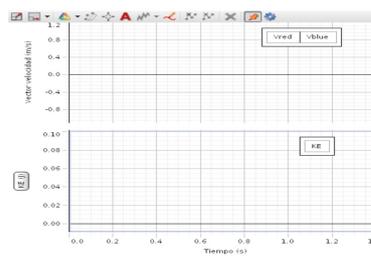
(a) Tiempo en función de la velocidad.



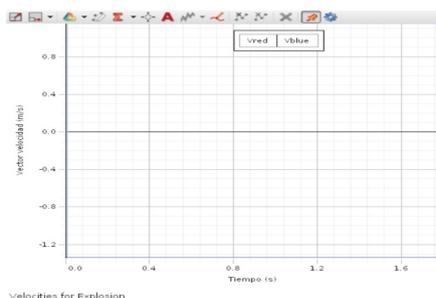
(b) Colisión inelástica



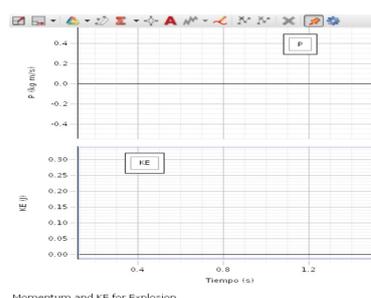
(c) Colisión elástica



(d) Energía cinética total



(e) velocidades de explosión.



(f) Momento y energía cinética de explosión

Figura 16.3: Gráficos

17. Utilizar el selector de ejecución para mostrar los datos de la colisión inelástica.
18. Examinar el gráfico de la energía cinética para ver lo que sucede antes, durante y después de la colisión.
 - ¿Parece que la energía se conserva?
 - ¿Dónde se disipa la energía?
19. Seleccionar un punto antes y después de la colisión y calcular la energía cinética por sí mismo. ¿El valor calculado corresponde al de la gráfica?
20. Seleccionar la colisión elástica. Explicar esta curva. ¿Qué ocurre con la energía cinética durante la colisión
 - ¿Por qué disminuye durante la colisión y luego regresa?
 - ¿Hacia dónde se disipa?
21. Colocar en posición los dos carros de modo que tengan el Velcro con los extremos juntos entre sí. Presionar el émbolo en el carro rojo a la posición 3.
22. Colocar los 2 carros en contacto entre sí en el centro de la pista.
23. Iniciar la grabación y pulsar el gatillo (ver figura 16.2) para poner en marcha los

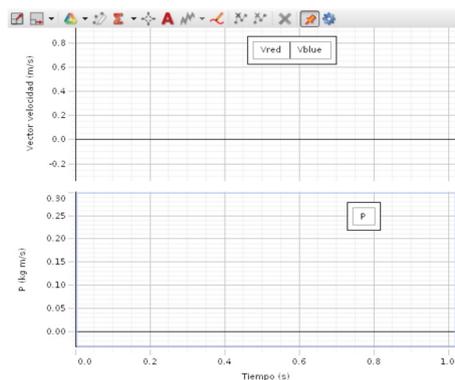


Figura 16.4: Gráfico de la posición y velocidad.

carros.

24. Obtener los mejores datos y nombrar esta ejecución como colisión.

Analizando la colisión

1. ¿Cuál fue el momento total de ambos carros antes de la colisión?
2. ¿Cuál fue el momento total de ambos carros después de la colisión?

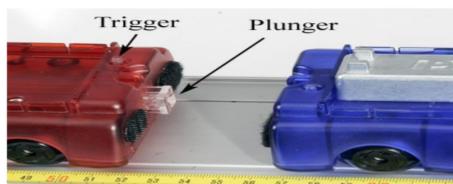


Figura 3. Cesta explosión

Figura 16.5: Carro de colisión

3. ¿Cuál fue la energía cinética total de ambos carros antes de la colisión?
4. Después de la colisión, ¿es la energía cinética total de los 2 carros la misma que antes?
5. Ahora bien utilizar el selector de datos para mostrar gráficos de movimiento y la energía de la colisión. ¿Se Respondió correctamente a las preguntas anteriores?

Cuestionario²

1. Considere un automovilista que viaja a una rapidez constante de 100 km/hr. El conductor al quedarse dormido se impacta contra un árbol. Calcular la desaceleración que sufre el conductor al momento del impacto y reducir su rapidez a 0 km/hr. ¿Cuantitativamente comparar esta desaceleración con el valor de g ?
2. Un estudiante propone un diseño para una barrera contra choques de automóviles consistente en un resorte con masa despreciable capaz de detener una vagoneta de

²Basado en Sears, Zemansky y Young [22]

1700 kg que se mueve a 20.0 m/s. Para no lastimar a los pasajeros, la aceleración del automóvil al frenarse no puede ser mayor que 5.00g. a) Calcule la constante de resorte k requerida, y la distancia que el resorte se comprimirá para detener el automóvil. No considere la deformación sufrida por el automóvil ni la fricción entre el automóvil y el piso. b) ¿Qué desventajas tiene este diseño?



17. Péndulo balístico

Palabras clave

Fuerza, velocidad, aceleración, momento, péndulo.

Introducción¹

En este experimento, recreamos una de las técnicas para calcular la rapidez inicial de una bala. Después de que la bala sale del cañón, sufre un choque inelástico con el péndulo para absorber su energía cinética.

Objetivos

El péndulo balístico se utiliza para determinar la velocidad de salida de un balón disparado por un lanzador de proyectiles. Las leyes de conservación del momento y la conservación de la energía se utilizan para derivar la ecuación de la velocidad de salida.

Cuestionario Previo

1. Para un proyectil, ¿Se cumplen las leyes de conservación de momento y energía?
2. ¿Cuál puede ser la relación entre el movimiento del proyectil y el del péndulo?

Fundamento Teórico

El péndulo balístico históricamente ha sido utilizado para medir la velocidad de lanzamiento de un proyectil de alta velocidad. En este experimento, un lanzador de proyectil

¹Basado en PASCO-Scientific/P35 [18]

dispara una esfera de acero a una velocidad de lanzamiento, v_o . La bola es controlada por un péndulo de masa m_p .

Después de que el impulso de la bola se transfiere al sistema receptor-bala, el péndulo oscila libremente hacia arriba, levantando el centro de masa del sistema a una distancia h . La barra del péndulo es hueca para mantener baja masa, y la mayor parte de la masa se concentra en el extremo de manera que todo el sistema se aproxima a un péndulo simple. Durante el choque de la esfera con el receptor, el momento total del sistema se conserva. Así pues, el momento de la bala justo antes de la colisión es igual al momento del sistema de esfera-receptor inmediatamente después de la colisión:

$$m_b v_o = Mv \quad (17.1)$$

Donde v es la velocidad del sistema colector-esfera justo después de la colisión, y M es la masa combinada de esfera + receptor.

$$M = m_b + m_p \quad (17.2)$$

Durante la colisión, parte de la energía cinética inicial de la pelota se convierte en energía térmica. Después de la colisión, debido a que el péndulo oscila libremente hacia arriba, podemos suponer que la energía se conserva y que toda la energía cinética del sistema colector-esfera se transforma en aumento de energía potencial gravitatoria.

$$\frac{1}{2}Mv^2 = Mgh \quad (17.3)$$

Donde la distancia h es la elevación vertical del centro de masa del sistema péndulo-esfera.

Combinando las ecuaciones 17.1 a 17.3, para eliminar v , se obtiene la ecuación

$$v_o = \frac{M}{m_b} \sqrt{2gh} \quad (17.4)$$

La altura, h , del péndulo se calcula usando el ángulo, θ , y la longitud del péndulo, L , como se muestra en la figura 17.3. Con el uso de trigonometría, se puede demostrar que:

$$h = L(1 - \cos \theta) \quad (17.5)$$

La longitud del péndulo, L , se mide desde el punto de pivote hacia el centro de masa del péndulo. Dado que en esta práctica de laboratorio el péndulo no es un punto de masa, el centro de masa se determina equilibrando el péndulo en un borde.

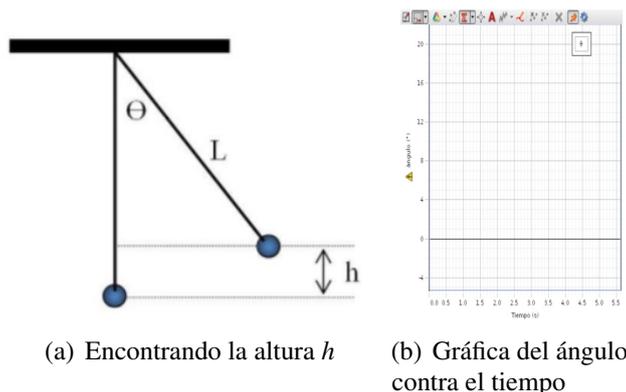


Figura 17.1: Péndulo.

Diseño experimental

Recursos

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de movimiento rotatorio	PS-2120a
2	Sensor fotoc compuerta	ME-9498A
1	Soporte de Montaje	ME-6821A
1	Abrazadera Grande de Mesa	ME-9472
1	Varilla de 90 cm	ME-8738
1	Mini Launcher	ME-6825A
1	Péndulo Balístico	ME-6829
1	Metro de Madero	SE-8827
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 17.1: Material.

Instalación

Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

- Colocar la abrazadera de la tabla con la varilla de 90 cm a la mesa como se muestra en la figura 17.2.
- La figura 17.2 (b), muestra el lado posterior del soporte lanzador. Fijar el lanzador en el soporte utilizando los 2 tornillos a través de los dos orificios. No utilizar las ranuras curvadas.
- Deslizar el soporte lanzador sobre la varilla, y asegurarla con los dos tornillos en la parte frontal como se muestra.
- Colocar la masa de 100 g a la parte inferior del colector de péndulo, como se muestra en la figura 17.3 (b).
- Deslizar el sensor de movimiento rotatorio en varilla de 90 cm, y adjuntar el péndulo a la polea. Conectar el sensor a la interfaz.
- Comenzar a grabar, girar el péndulo a cierta distancia del lanzador. El ángulo debe ser positivo. Se puede cambiar el signo del ángulo mediante el sensor de giro desde

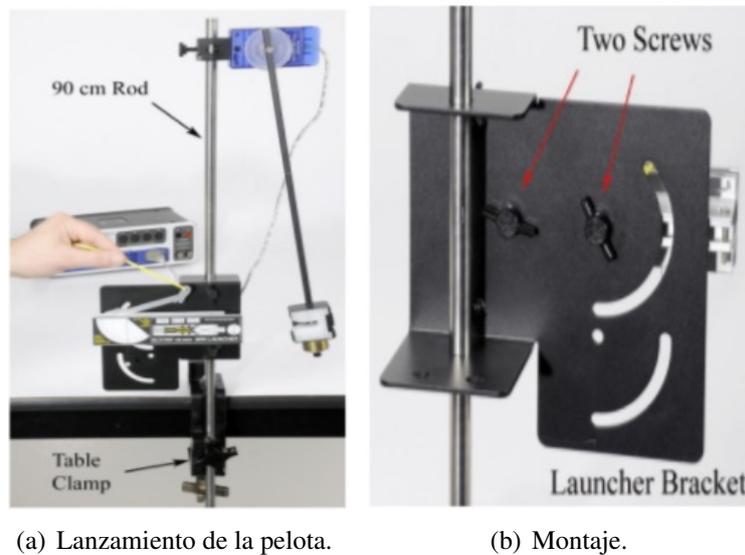
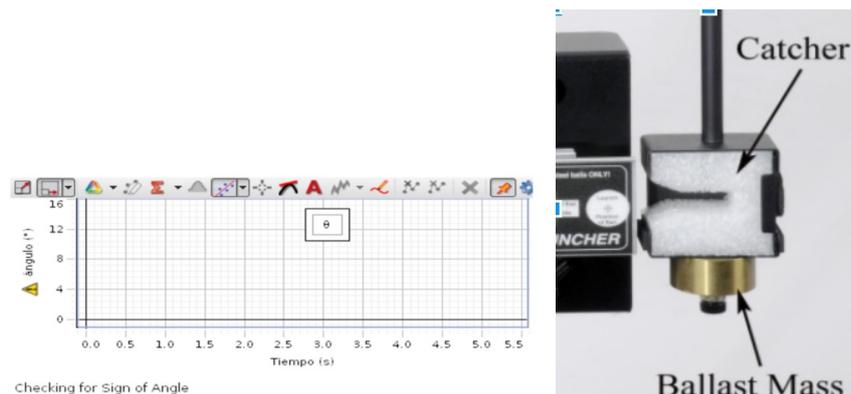


Figura 17.2: Partes del material.

el otro lado, o se puede cambiar el signo de las propiedades para el sensor.

7. Ajustar la posición del sensor de giro de modo tal que el receptor cuadrado en la parte inferior del péndulo se alinee con el lanzador.
8. Si se aflojan los 2 tornillos en la parte posterior del lanzador, se puede deslizar horizontalmente el lanzador. Deslizar el lanzador de modo que casi toque el receptor del péndulo. Verificar que el lanzador esté listo para un ángulo de lanzamiento de cero grados, y luego volver a apretar los tornillos de mariposa.



(a) Montaje.

(b) El péndulo debe ajustarse de forma que el receptor esté alineado directamente con el lanzador.

Figura 17.3: Montaje del equipo.

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

1. Para cargar el lanzador, poner el péndulo fuera del camino, colocar la esfera en el extremo del cañón y, utilizando una varilla de empuje, impulsar la pelota por el cañón hasta que el disparador atrape en la tercera posición (de largo alcance).

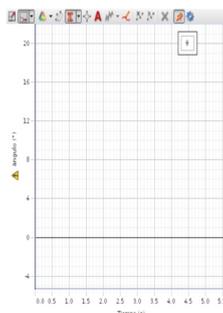


Figura 17.4: Ángulo respecto al tiempo.

2. El péndulo volverá a su posición normal, esperar hasta que deje de moverse.
3. Comenzar la grabación e inmediatamente lanzar la esfera de manera que se vea atrapado en péndulo. Existe una condición de parada que debe detener la grabación de datos.
4. Si la esfera no está atrapada, comprobar la alineación.
5. Registrar el ángulo máximo en la tabla, y repetir varias veces. Tener en cuenta que se calcula el valor medio.
6. Repetir hasta que se obtenga un buen valor medio para el ángulo, a continuación, grabar ese ángulo en la página siguiente.
7. Retirar el péndulo del sensor de giro, y medirlo con el metro de madera como se muestra en la figura 17.5. Tomar en cuenta que la esfera está todavía en el receptor.
8. Encontrar el punto en el que el colector se extiende tan lejos como sea posible a lo largo del borde del metro de madera. Cuando se equilibre correctamente, el centro de masa estará directamente sobre el extremo del palo.
9. Registrar L , la distancia desde el centro de masa hacia el pivote (tornillo). Medir esto varias veces y estimar su incertidumbre.
10. Utilizar del valor promedio para la L y la ecuación 17.5 para calcular la altura, h .
11. Retirar la esfera del receptor y, utilizando una balanza, medir la masa del péndulo (sin la esfera) y la masa de la pelota.
12. Usar la ecuación 17.4. Calcular la velocidad de lanzamiento, v_o , de la pelota. Estimar la incertidumbre en su valor.

Ángulo – promedio = ?

L – promedio = \pm ?

h = ?

m_b = ?

m_p = ?

v_o = \pm ?



Figura 17.5: Medición.

13. Acoplar la fotoc compuerta al lanzador utilizando el soporte de la fotoc compuerta como se muestra en la figura 17.6. Deslizar el soporte para que fotoc compuerta num.1 este lo más cercano al final del lanzador.
14. La fotoc compuerta número 1 debe estar conectado a la entrada digital número 1 y el fotoc compuerta número 2 debe estar conectado a la entrada digital número 2.
15. Colocar el balón en el lanzador y comprimir el cañón hasta el tercer nivel.

Respuestas.

$$V_o(\text{calculada}) = \pm ?$$

$$V_o(\text{medida}) = \pm ?$$

$$\text{Error}(\text{Porcentaje}) = ?$$

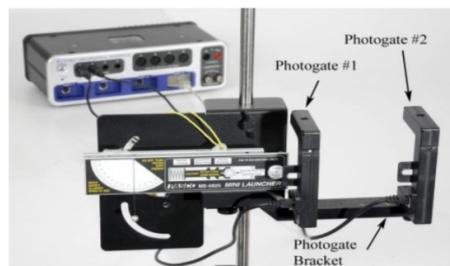


Figura 17.6: Partes del equipo.

16. Verificar que no haya nadie en el trayecto que seguirá el balón. Grabar y lanzar la pelota. Hay una condición de parada que debe detener la grabación de datos.
17. La velocidad medida se muestra en el medidor digital. Registrar este valor en la tabla, y repetir varias veces. Tomar en cuenta que se calcula el valor medio.
18. Repetir hasta que se obtenga un buen valor medio para la velocidad de lanzamiento. Incluir la incertidumbre en el valor obtenido.
19. Comparar el valor calculado utilizando el cálculo de error. ¿Los 2 resultados están dentro de la incertidumbre?

Cuestionario

1. Actualmente ¿Cuáles son las pruebas que utilizan para calcular la rapidez inicial de una arma de fuego?

A colorful spinning top toy with horizontal stripes in yellow, red, blue, and purple, spinning on a brick surface. The top is tilted, and its shadow is cast on the bricks.

18. Segunda Ley de Newton: rotación

Palabras clave

Energía rotacional, momento angular, aceleración angular.

Introducción¹

Para introducir la torca, una experiencia común es el abrir una puerta y para hacerlo, es más sencillo empujar en el lado de la puerta más alejado de las bisagras porque empujar el lado más cercano a las bisagras requiere considerablemente más fuerza, aunque se requiere hacer el mismo trabajo para abrir una puerta. Por otro lado, la experiencia de la aceleración angular posiblemente se ha observado en una patinadora sobre hielo, en la cual aumenta la aceleración al momento de cerrar los brazos y disminuye cuando extiende los brazos.

Introduciremos a la torca como una medida de la fuerza total que hace que un objeto rote alrededor de un eje. En una analogía, en la cinemática lineal, la fuerza neta es lo que hace que un objeto acelere, mientras que la torca neta es la acción que provoca que un objeto adquiera aceleración angular. Así como la fuerza es una cantidad vectorial, también lo es la torca, de hecho es el producto vectorial (cruz) entre el radio vector en donde se aplica la fuerza y la fuerza aplicada. La dirección de la torca depende de la dirección en que se aplica la fuerza.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (18.1)$$

Objetivo

Interpretación de la segunda ley de Newton para el movimiento rotacional. Calcular la inercia rotacional del movimiento de una polea impulsada por una masa.

¹Basado en PASCO-Scientific/P36 [19]



Figura 18.1: La masa que cuelga aplica una torca al eje del sensor de giro y la aceleración angular resultante de la varilla y el peso de las masas de latón se investiga

Cuestionario Previo

1. Los ciclistas experimentados dicen que reducir el peso de una bicicleta es más efectivo si se hace en las ruedas que en el cuadro (marco). ¿Por qué reducir el peso en las ruedas sería más fácil para el ciclista que reducir la misma cantidad en el cuadro?
2. Los cocineros experimentados saben si un huevo está crudo o cocido haciéndolo rodar por una pendiente (y atrapándolo abajo). ¿Cómo es posible esto? ¿En qué se fijan?

Fundamento Teórico

La Segunda Ley de Newton establece que la magnitud de la aceleración resultante a de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta F sobre ese objeto.

$$F = ma \quad (18.2)$$

Donde la constante de proporcionalidad m es la masa o inercia del objeto. También se puede escribir la Segunda Ley de Newton para la rotación como: la aceleración angular resultante α de un objeto es directamente proporcional la torca neta τ sobre ese objeto.

$$\tau = I\alpha \quad (18.3)$$

Donde la constante de proporcionalidad I es la inercia de rotación del objeto.

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento Rotatorio	PS-2120a
1	Accesorios de Rotación	CI-6691
1	Polea con abrazadera	(en el CI-6691)
1	Hilo	(en el CI-6691)
1	Conjunto de suspensión de masa	ME-8979
1	Varilla de 45 cm	ME-8736
1	Base para varilla	ME-8735
1	Metro de madera	SE-8827
1	Pinza	SE-8710
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 18.1: Material.

Diseño Experimental

Recursos

Instalación Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

1. Usar la varilla de 45 cm y la base para apoyar el sensor de giro como se muestra en la figura 18.1. Insertar el sensor en la interfaz.
2. Usar los calibradores para medir los tres radios en la la polea clara de tres pasos.
3. Fijar la varilla del accesorio de rotación negro a la polea (ver figura 18.2) con las dos masas de latón cerca del extremo de la varilla.
4. Grabar. Tomar la polea clara y tratar de girar la varilla hacia atrás y hacia adelante lo más rápido posible, despues de esto detener la grabación.
5. Mover las masas de latón más cerca del centro, como se muestra en la Figura 18.3, y repetir. ¿Cuál era más fácil?
¿Qué dice eso acerca de inercia de rotación?

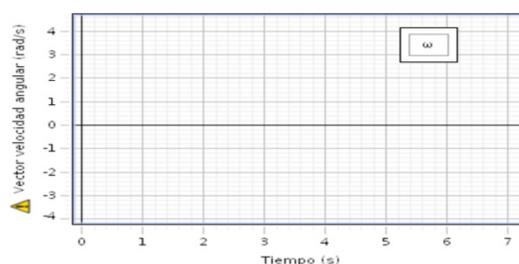


Figura 18.2: Velocidad angular.

Polea de tres pasos

$$r(\text{chico}) = ?$$

$$r(\text{medio}) = ?$$

$$r(\text{grande}) = ?$$



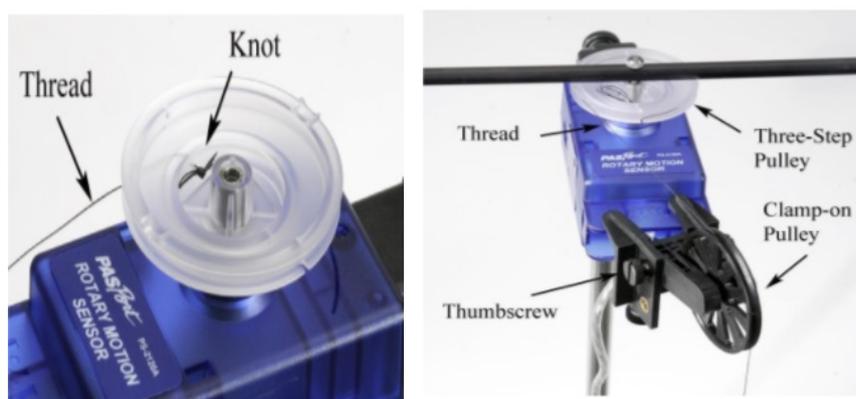
Figura 18.3: Masa en radio grande y en radio pequeño

6. Cortar un trozo de hilo de unos 75 cm de largo. Atravesar el hilo a través del orificio en la polea de tamaño medio, y atar un nudo grande como se muestra en la Figura 18.4 (c).
7. El hilo naturalmente terminará en medio de la polea. Usando las ranuras, se puede forzar la cuerda a enrollar en el radio pequeño o en el radio grande como se muestra en la Figura 18.4 (b).
8. Fijar la polea negra en el sensor de giro, como se muestra en la Figura 18.4 (a). Tomar en cuenta que la forma en la polea se fija en un ángulo para que coincida tangencialmente a la polea clara de tres pasos. También se debe ajustar verticalmente utilizando los dos tornillos húmedos, para que coincida con la altura de la polea clara que se utiliza. Cada vez que se cambie a una polea radio diferente, se tendrá que volver a ajustar tanto el ángulo y como la altura.
9. Conectar un gancho de masa hasta el final de la rosca. Ajustar la longitud de manera que no lleguen a alcanzar la mesa. Añadir una masa 100 g al gancho.
10. Cuando se enrolla el hilo en la polea de tres pasos, verificar que el hilo se enrolle sin superposiciones. Además, no poner demasiado hilo en la polea; sólo se necesita una capa de hilo, de modo que el radio se mantenga constante.

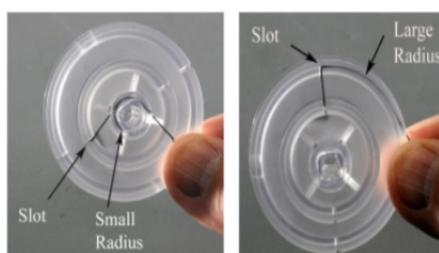
Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

1. Usar un metro de madera para ajustar la posición de las masas de latón en la varilla con la mayor precisión posible, de manera que el centro de masa se encuentre en un radio de 18 cm desde el centro de rotación.
2. Ajustar la polea intermedia y enrollarle un par de vueltas de hilo.
3. Grabar y liberar la varilla. Parar la grabación antes de llegar a la final de la rosca.
4. Observar la gráfica. Esto hace el análisis más fácil si la velocidad es positiva. Para cambiar el signo, enrollar el hilo hacia arriba en la dirección opuesta, o cambiar el signo de la medición de las propiedades para el sensor.
5. Obtener una serie positiva y cambiar el nombre de esta serie a medio.
6. Utilizar un ajuste de curva lineal para encontrar la pendiente de la línea. Si los datos no son una recta, utilizar la herramienta *Resaltar* para seleccionar los datos desde el comienzo de la ejecución cuando está en movimiento más lento. Esto debería ser más preciso debido a que la fricción es menor.
7. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente?
¿Cuáles son las unidades?



(a) Atar el hilo a la polea. (b) Variación de la inclinación en la polea.



(c) Polea.

Figura 18.4: Partes y montaje del equipo.

8. Calcular el torque aplicado por la masa que cuelga.

$$\text{Torque} = \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (18.4)$$

Donde r es el radio de la polea de tres pasos y F es el peso de la masa que cuelga. No olvidar la masa del gancho.

9. Usar la ecuación 18.3 para calcular la inercia de rotación I . Simplificar las unidades en medida de lo posible. Las únicas condiciones deberían ser masa y longitud.
Nota: La tensión en el hilo es ligeramente menor que el peso de la masa que cuelga, debido a la aceleración hacia abajo. Dado que esto tiene un efecto tan pequeño para este análisis, por lo que se puede ignorar.

Para la polea mediana:

$$\alpha = ?$$

$$\tau = ?$$

$$I = ?$$

10. Dejando a todos los demás parámetros igual, proceder ahora a tomar una serie de datos utilizando la polea grande en la polea de tres pasos. Ajustar la polea negra de la polea grande, y enrollar en un par de vueltas de hilo. Verificar que este enrollada en la polea grande.
11. Obtener un serie de datos como antes. Cambiar el nombre de esta serie a grande.
12. ¿La aceleración angular es la misma? ¿Debería ser?

13. Utilizar la ecuación 18.4 para calcular el nuevo torque.
14. Utilizar la ecuación 18.3 para calcular la inercia de rotación I . ¿Se obtiene el mismo valor? ¿Debería ser el mismo?
15. Ahora tomar una serie de datos utilizando la pequeña polea. ¿Se obtuvo el mismo valor para la inercia de rotación? ¿Qué se puede concluir?
16. Dejando todos los demás parámetros de la misma forma, proceder ahora a tomar una serie de datos utilizando una masa diferente. Volver a colocar la masa de 100 g con una masa de 50 g, pero seguir usando la polea pequeña.
17. Calcular la inercia de rotación como antes. ¿Qué se puede concluir?
18. En la siguiente parte, que se aplicará un par constante, no se deberá cambiar la masa que cuelga, y se debe seguir utilizando la polea pequeña.

Para polea grande:

$$\alpha = ?$$

$$\tau = ?$$

$$I = ?$$

Para la polea pequeña:

$$\alpha = ?$$

$$\tau = ?$$

$$I = ?$$

Para la pequeña polea y 50 g:

$$\alpha = ?$$

$$\tau = ?$$

$$I = ?$$

19. Posicionar las masas de latón en la varilla de modo que su centro de masa se encuentre en un radio R de 4 cm del centro de rotación.
20. Obtener una serie de datos, y medir la aceleración angular. Cambiar el nombre de esta serie a 4 cm, y registrar el valor en la tabla a continuación.
21. Repetir el procedimiento para los otros radios mencionados.

Nota: Verificar que se está utilizando el radio pequeño de la polea de tres pasos.

Cuestionario

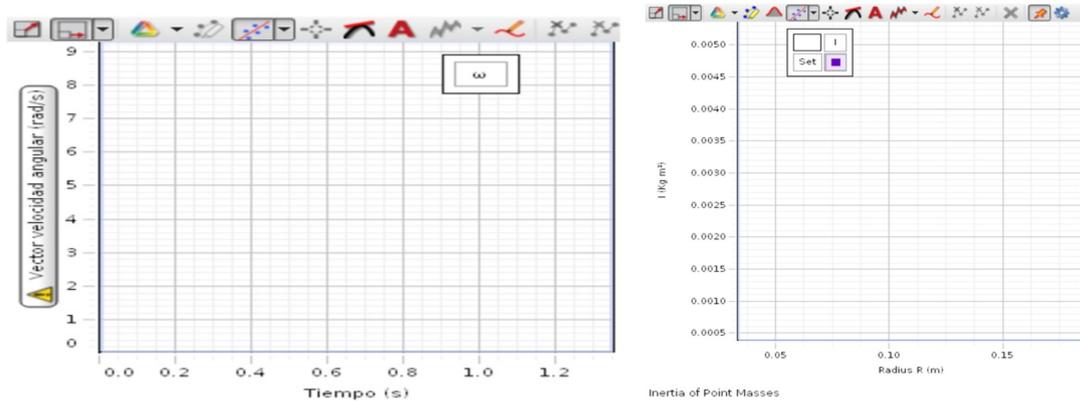
1. Tomar en cuenta que una columna con un cálculo de la inercia de rotación ha sido añadido a la tabla. Abrir la calculadora del gráfico para ver los cálculos. Los valores por defecto para todos los parámetros se han introducido, pero se puede corregir éstos para que coincida con los valores obtenidos.
2. Para un conjunto de datos en la tabla, calcular la inercia de rotación a sí mismo para confirmar que el cálculo es correcto. Nota: R es la posición de las masas de latón (medido desde el centro de rotación) y r es el radio de la polea de tres pasos.
3. ¿La gráfica es lineal? Probar con un calculo rápido para cambiar a R^2 .
4. Utilizar un ajuste de curva para encontrar la pendiente de la línea recta. ¿Cuáles son las unidades?
¿Cuál es el significado físico de la pendiente?
5. Utilizar una balanza para medir la masa real de las dos masas de latón y compararlas con el valor calculado.
6. ¿Cuál es el significado físico de la intersección y de la gráfica?
¿Qué más, aparte de las masas de latón tiene inercia?
7. Escribir una ecuación teórica para la inercia rotacional de un punto de masa M , moviéndose alrededor de un círculo de radio R .

pendiente=?

masa real=?

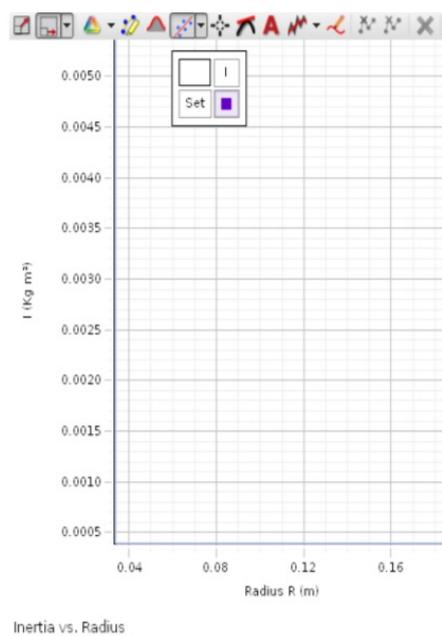
I =?

8. **Pregunta de Reto:** Encontrar la expresión matemática que indique cual de los objetos caerá más rápido por un plano inclinado en términos de su momento de inercia. Hacer una comparación cuantitativa un cilindro sólido, un cilindro hueco, una esfera sólida o una esfera hueca. La rapidez final depende la masa o del radio ¿Por qué?. Tip: hacer uso de la conservación de la energía.



(a) Velocidad angular en función del tiempo.

(b) Inercia en función del radio.



(c) Inercia de las masas puntuales vs. el radio

Figura 18.5: Gráficos



19. Conservación del Momento Angular

Palabras clave

Conservación, energía, momento angular, torca.

Introducción¹

Otro principio fundamental de la física es la conservación del momento angular, que se encuentra a la par de la conservación de la energía y del momento lineal. Desde la formación del sistema solar y de las galaxias hasta los átomos, el principio de conservación se aplica, la suma de todas las torcas es igual al cambio del momento angular total con respecto al tiempo. Si la torca externa neta que actúa sobre un sistema es cero, el momento angular total del sistema es constante, se dice que el momento angular se conserva.

Objetivo

Un anillo no giratorio se deja caer sobre un disco giratorio. La velocidad angular se mide con el sensor de giro inmediatamente antes de la caída e inmediatamente después de que el anillo deja de deslizarse en el disco.

Cuestionario previo

1. Si la torca externa neta que actúa sobre un sistema es cero, ¿Cuál sería su momento angular?

¹Basado en PASCO-Scientific/P39 [20]

2. Cuando una patinadora o bailarina gira con los brazos extendidos y luego los encoge, ¿Su velocidad angular aumenta o disminuye y por qué?
3. El trabajo efectuado por una fuerza es el producto de fuerza y distancia. Por otro lado, la torca debida a una fuerza es el producto de fuerza y distancia. ¿Implica esto que la torca y el trabajo sean equivalentes? explicar con argumentos.
4. El trabajo efectuado por una fuerza es un producto de fuerza y distancia. La torca debida a una fuerza es un producto de fuerza y distancia. ¿Implica esto que la torca y el trabajo sean equivalentes? explique Por que?.

Fundamento Teórico

Cuando el anillo se deja caer sobre el disco giratorio, no hay par externo neto en el sistema. Por lo tanto, no hay cambio en el momento angular; se conserva el momento angular L .



Figura 19.1: El momento angular inicial se compara con el momento angular final, y la energía cinética inicial se compara con la energía cinética final

$$L = I_i \omega_i = I_f \omega_f \quad (19.1)$$

Donde I es la inercia de rotación inicial y ω_i es la velocidad angular inicial. La inercia de rotación inicial es la de un disco alrededor de un eje perpendicular al disco y por lo tanto el centro de masa es:

$$I_i = I_D = \frac{1}{2}MR^2 \quad (19.2)$$

Donde M es la masa y R es el radio del disco. La inercia de rotación del anillo alrededor de un eje a través de su centro de masa y paralela al eje de simetría del anillo es:

$$I_{cm} = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2) \quad (19.3)$$

Donde R_1 y R_2 son los radios interior y exterior del anillo. Si el eje de rotación se desplaza por una distancia x desde el centro de masa, la inercia de rotación del anillo puede ser calculada a partir del teorema de eje paralelo, por lo que se tiene:

$$I_r = \frac{1}{2}(R_1^2 + R_2^2) + Mx^2 \quad (19.4)$$

Tomar en cuenta que la inercia de rotación final será la suma del disco inicial más el anillo. La energía cinética de rotación de un objeto esta dada por:

$$KE = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (19.5)$$

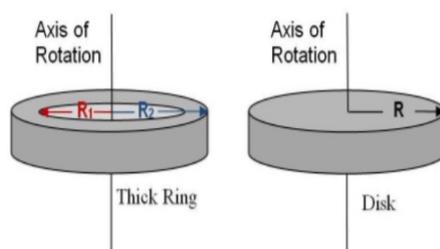


Figura 19.2: Eje de rotación del anillo y el disco.

Diseño experimental

Recursos para esta práctica

Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento Rotatorio	PS-2120a
1	Accesorios de Rotación	CI-6691
1	Varilla de 45 cm	ME-8736
1	Base para varilla	ME-8735
1	Calibradores	SE-8710
1	Nivel	SE-8729
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 19.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

1. Usar la base y la varilla de 45 cm para montar el sensor de giro como se muestra en la figura 19.1. Insertar el sensor en la interfaz.
2. Medir la masa y radios para el disco y el anillo.
3. Conectar el disco a la polea transparente de tres pasos en el sensor de movimiento rotatorio con el tornillo.
4. Colocar el nivel en el disco y en el sistema con el pie ajustable en la base.

Para el anillo

$$M = ?$$

$$R_1 = ?$$

$$R_1 = ?$$

Para Disco

$$M = ?$$

$$R = ?$$

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 50 minutos.

1. Sujetar el anillo con los pasadores hacia arriba, para que el anillo esté centrado en el disco y a 2 o 3 mm por encima de él. Dejar caer desde lo alto, esto genera una fuerza vertical grande en el rodamiento que produce un aumento en la resistencia de rozamiento y resulta en un momento de torsión que reduce la cantidad de movimiento angular. Sin embargo, también es fundamental que los dedos de la mano esten lejos del anillo cuando se golpea el disco giratorio.
 2. Hacer girar el disco para darle una velocidad positiva de aproximadamente $30 - 40 \frac{rad}{s}$. Iniciar la toma de datos y después de 2 segundos, soltar el anillo en el disco giratorio. Seguir recopilando datos durante unos segundos más.
 3. Es difícil terminar con el anillo de centrado en el disco. Medir la distancia mínima entre el anillo y el borde del disco, así como la distancia máxima directamente en el lado opuesto. La distancia x que el anillo está fuera de centro es la mitad de la diferencia entre estas dos mediciones.
 4. Utilizar la herramienta Coordenadas para medir la velocidad de rotación de los últimos datos justo antes de la colisión.
 5. Medir la velocidad de rotación del primer punto de datos después de la colisión.
- Nota: Las ecuaciones de inercia de rotación se han introducido en la calculadora, y se pueden editar los valores por defecto para entrar en los valores obtenidos.

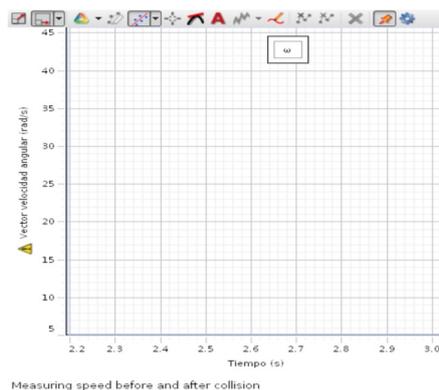


Figura 19.3: Midiendo la velocidad antes y después de la colisión

Cuestionario

1. Utilizar la ecuación 19.2 para calcular la inercia de giro inicial.
2. Utilizar la ecuación 19.1 para calcular la inercia de rotación final del anillo.
3. Calcular la inercia de rotación final del sistema.

4. Usar la ecuación 19.1 para calcular el momento angular inicial del sistema.
5. Calcular la cantidad de movimiento angular final del sistema y comparar con un error porcentual. ¿Se conserva el momento angular?
6. Utilizar la ecuación 19.5 para calcular la energía cinética antes y después de dejar el anillo. ¿Se conserva la energía, a donde se fué?
7. ¿Cómo puede ser que el momento angular se conserve pero la energía no?



20. El resorte y masas oscilantes

Palabras clave

Oscilación, período, movimiento ondulatorio, resorte, ley de Hooke, movimiento armónico simple.

Introducción¹

Se le llama movimiento periódico armónico u oscilación al movimiento que se repite una y otra vez, tal como un péndulo de un reloj con pedestal o a la vibración de las moléculas de un cristal o al vaivén de un columpio, etc. Como dato histórico, el físico Max Planck utilizó el conocimiento de la oscilación de los resortes para resolver los problemas de la radiación del cuerpo negro en electromagnetismo y generar los primeros postulados de la mecánica cuántica. Por lo anterior, es de suma importancia comprender el fenómeno para el estudio de las ondas, el sonido, la corriente alterna y la luz.

Objetivos

En esta práctica, el sensor de movimiento medirá la posición de la masa oscilante, y el sensor de fuerza se utilizará para determinar la constante del resorte. El período de oscilación se mide y se compara con el valor teórico.

Cuestionario previo

1. ¿Cuál es la expresión matemática que describe las oscilaciones en términos de amplitud, período, frecuencia y frecuencia angular?

¹Basado en PASCO-Scientific/P41 [21]

2. Si un resorte se corta a la mitad ¿Qué constante de fuerza tendrá cada mitad? Justifica tu respuesta.
3. ¿Cómo diferirá la fuerza del movimiento armónico simple usando la mitad del resorte en comparación con la frecuencia producida usando la misma masa y el resorte completo?
4. Un péndulo simple se monta en un elevador. ¿Qué sucede con el período del péndulo (aumenta, disminuye o no cambia), cuando el elevador a) acelera hacia arriba a $5 \frac{m}{s^2}$: b) se mueve hacia arriba a 5 m/s constante: c) acelera hacia abajo a $5 \frac{m}{s^2}$ d) acelera hacia abajo a $9.8 \frac{m}{s^2}$? justifique sus respuestas.

Fundamento Teórico

El periodo de oscilación, T , para una masa en un resorte viene dada por

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \quad (20.1)$$

donde m es la masa oscilante y k es la constante del resorte.

Diseño experimental

Recursos para esta práctica

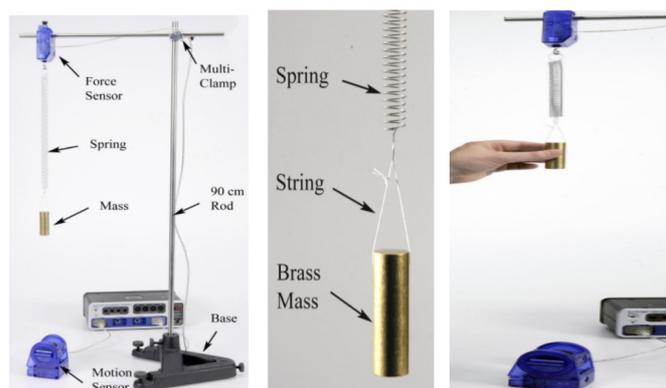
Cantidad	Artículos	Número PASCO
1	Sensor de Movimiento	PS-2103A
1	Sensor de Fuerza	PS-2189
1	Set de Densidades	ME-8569
1	Set de Resortes	ME-8999
1	Cuerda Trenzada	SE-8050
1	Varilla de 90 cm	ME-8738
1	Varilla de 45 cm	ME-8736
1	Multi- Abrazadera	ME-9507
1	Base para varilla	ME-8735
1	Balanza	SE-8723

Cuadro 20.1: Material.

Instalación del Equipo

Tiempo estimado de armado: 15 minutos.

1. Usar la base, varillas, y la multi-abrazadera para apoyar el sensor de fuerza como se muestra en la figura 20.1 (a).
2. Conectar sensor de Fuerza en el puerto P4 y tarar el sensor.
3. Colocar el sensor de movimiento, como se muestra y conectarlo al puerto P1.
4. Enfocar el sensor de movimiento hacia arriba, hacia el sensor de fuerza.



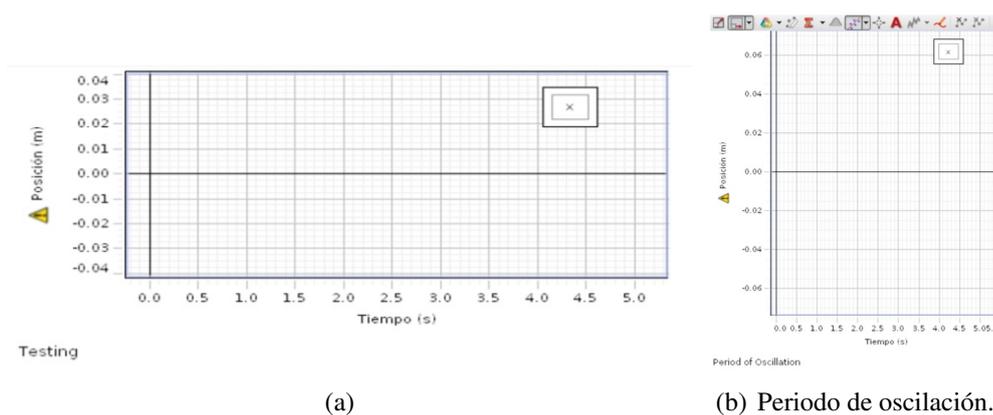
(a) El resorte y masa de oscilación .

(b)

(c)

Figura 20.1: Armado del material.

5. Utilizar una balanza para medir la masa del cilindro de latón del set de densidades.
6. Elegir uno de los largos y fuertes resortes del set de resortes. El resorte con la constante elástica más grande debe tener una mancha de pintura roja en un extremo. Medir la masa del resorte.
7. Atar un trozo de cuerda a través del orificio en la masa de cobre como se muestra en la figura 20.1 (b). Colgar la masa, cuerda y resorte del gancho del sensor de fuerza.
8. Dejar que la masa oscile y tomar algunos datos de práctica. Ajustar el sensor de movimiento si es necesario para obtener los datos continuos.
9. Seleccionar el icono de propiedades (engranaje) para el sensor de movimiento en la barra de herramientas del gráfico con la masa que cuelga en equilibrio (no se mueve), presionar cero del sensor ahora.



(a)

(b) Periodo de oscilación.

Figura 20.2: Gráficos

Procedimiento

Tiempo estimado del procedimiento: 30 minutos.

1. Plegar la masa del equilibrio por varios centímetros, y permitir que oscile.

2. Tomar series de datos de alrededor de 5 segundos.
3. Utilizar la herramienta de coordenadas para encontrar el período. Nota: También se puede utilizar un ajuste sinusoidal para encontrar la frecuencia angular, ω , y después utilizar eso para calcular el período.
4. ¿Existe una diferencia entre los datos tomados por las oscilaciones grandes y pequeñas?
5. El valor medio se calcula en la parte inferior de la tabla. Repetir varias veces hasta que se obtenga un buen valor, fijo. Registrar el promedio.

Cuestionario²

1. Utilizar la ecuación 20.1 para calcular el período teórico y la masa del resorte.
2. Para un sistema ideal, toda la masa podría ser un objeto oscilante, y el gancho tendría masa cero. En realidad, el resorte tiene algo de masa, también. Pero no todo el resorte se está moviendo, ¿Qué cantidad se debe incluir? Se puede demostrar que un tercio de la masa del resorte debe ser añadido a la masa del objeto oscilante.
3. Volver a calcular el período usando la masa ajustada. ¿Cambió la respuesta dada a la pregunta anterior?
4. Comparar el valor teórico obtenido del final del período al valor que se ha medido con un error porcentual.
5. Todos los animales que caminan, incluido el ser humano, tienen un ritmo (paso) natural para caminar, un número de pasos por minuto, que es más cómodo que un ritmo más rápido o más lento. Suponga que este ritmo natural corresponde a la oscilación de las piernas como un péndulo físico. a) ¿Cómo depende el paso natural de la longitud L de la pierna, medida de la cadera al pie? Considere la pierna como una varilla uniforme con pivote en la cadera. b) Pruebas fósiles demuestran que el *Tyrannosaurus rex*, un dinosaurio bípedo que vivió hace 65 millones de años al final del período Cretácico, tenía una longitud de pierna $L = 3.1$ m y una longitud de paso (la distancia de una huella a la siguiente del mismo pie; figura 13.24) $S = 4.0$ m. Estime la rapidez con que caminaba el *Tyrannosaurus rex*.
6. Peso de los astronautas. Este procedimiento se utiliza realmente para “pesar” a los astronautas en el espacio. Se une una silla de 42.5 kg a un resorte y se le deja oscilar cuando está vacía, la silla tarda 1.30 s en efectuar una vibración completa. En cambio, con un astronauta sentado en ella, sin tocar el piso con sus pies, la silla tarda 2.54 s en completar un ciclo. ¿Cuál debe ser la masa del astronauta?

²Basado en Sears, Zemansky y Young [22]



21. Apéndices

21.1 El reporte de la práctica.

Una de las mejores formas de comprender y describir la naturaleza de la ciencia, es la experiencia, ya sea de manera cotidiana o de manera profesional en el trabajo experimental que se lleva a cabo en el laboratorio. Debido a que la mayoría de los experimentos puede tener diversas variables para observar y medir, es importante llevar un registro sistematizado (bitácora) y claro, en el cuál se pueda saber más del comportamiento a base de tablas, gráficas, etc, así como la medición y control de variables (variable dependiente) como consecuencia de manipular intencionalmente al resto de las variables (variables independientes). La bitácora es la base para elaborar el reporte, el cual es un informe que comunica de manera clara el contexto del experimento y de todo el procedimiento para hallar los descubrimientos. Posteriormente, el reporte es útil para registrar las medidas que se obtienen durante el experimento, organizar el análisis de las mismas y esbozar patrones de comportamiento, además de dar la opción a que cualquier persona pueda reproducirlo.

La extensión del reporte debe ser la adecuada para poder describir las actividades que realizaron durante la práctica, y hacer un análisis de los resultados. El documento debe ser escrito con una nitidez tal que los compañeros de grupo, el instructor y el profesor puedan hacer una lectura fácil y entendible. Los científicos publican los resultados de sus investigaciones en revistas y libros o en repositorios públicos como *ArXiv* <https://arxiv.org/> o *ADS NASA* http://adsabs.harvard.edu/ads_abstracts.html

A continuación se presentan los elementos básicos que debe incluir el reporte del laboratorio.

21.2 Elementos básicos

21.2.1 Carátula

Contiene los datos de quienes realizan el experimento y la institución en la que se lleva a cabo la actividad.

1. **Título:** Es un enunciado corto que debe explicar claramente el contenido del reporte.
2. **Fecha**
3. **Escuela**
4. **Nombres de los integrantes y sus respectivas actividades para lograr la práctica** tal como secretario, analista, revisor, etc.
5. **Incluir 5 palabras clave:** las cuales serán el eje del Marco Teórico.

21.3 Bases

1. **Introducción:** La introducción debe responder a la pregunta de *¿Porqué se ha hecho este trabajo?*. Una buena introducción, es una oración clara del problema y de las razones por las que lo estamos estudiando. Nos da una concisa y apropiada discusión del problema, su significado, alcances y limitaciones, así como los conceptos y modelos matemáticos que necesita revisar.
2. **Objetivos:** Tareas concretas a realizar. Valores de variables por calcular o por medir.
3. **Predicciones o hipótesis:** Suposiciones hechas a partir de unos datos que sirve de base para iniciar una investigación o una argumentación. Las hipótesis de los estudiantes serán explícitas al momento de resolver el cuestionario inicial.

4. **Recursos o materiales utilizados** Se indica el material necesario para el experimento así como los instrumentos de medida necesarios. Indicar delante del instrumento la escala y precisión que se usará.
5. **Marco teórico:** Es la sección que expone los conceptos, leyes y modelos matemáticos. Las preguntas que se pretenden responder aquí son:
 - ¿Cuáles son las definiciones de todos los conceptos científicos utilizados y su relación entre sí?
 - ¿Qué variables están presentes para medirse o estimarse y cuál es su relación?
 - ¿Cómo se relacionan las variables entre sí?

El marco teórico ayuda a realizar el análisis de los datos recavados, compararlos con los resultados y la hipótesis. Se sugiere que los conceptos y modelos se presenten en un cuadro mental, pero esto depende de cada autor.

21.4 Cuerpo

1. **Desarrollo del experimento:** Se explica los pasos a seguir para repetir el experimento.
 - ¿Qué hiciste y cómo lo resolviste?
 - Registro de variables dependientes e independientes
 - Registro de sus incertidumbres
 - Todas las posibles fuentes de error.
 - Ajustes al mejor modelo
 - Explicar cada una de las imágenes.
2. **Resultados:** se resumen los resultados.

21.5 Cierre

1. **Conclusión:** Se evalúa y compara la predicción hipótesis (cuestionario inicial), el marco teórico y los resultados. También se reporta si se alcanzaron los objetivos y con que porcentaje de error. Se indica si se observó algún patrón de comportamiento. Se utiliza un lenguaje directo, claro y preciso.
2. **Discusión:** El propósito de la discusión es interpretar y comparar los resultados obtenidos. Se objetivo y enfócate en las ventajas y desventajas del trabajo experimental. Relaciona tus resultados, a lo que has aprendido en tu clase de teoría o a lo que se ha aprendido por otros medios.
 - ¿Resolviste el problema?
 - Brevemente describe las implicaciones lógicas de los resultados.
 - No repitas información ya proporcionada en el reporte, sólo los resultados más importantes.

21.6 Autoreflexión

Cada estudiante responde de manera individual:

- ¿Qué aprendí? y ¿Qué me gustaría investigar más para resolver las dudas que surgieron?
- ¿Cuáles fueron los problemas que encontré y cómo los resolví o posible solución?

- ¿Por qué es importante lo que aprendí aquí?
- ¿Qué puede estar causando error en el experimento y como corregirlo?

21.7 Referencias

1. **Referencias confiables:** Usar DGB UNAM o Scholar Google.
 - Revistas científicas <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57121297165>
 - Biblioteca y Bibli UNAM
 - Periódico, etc.
 - Textos científicos.
2. **Referencias no confiables:**
 - Rincón del Vago
 - Wikipedia
 - Buenas tareas, etc.

Aquellas referencias que hayas consultado se deben registrar en formato APA:

Para citar revistas se indica en el siguiente orden:

- Nombre hasta un máximo de seis, separados por comas, comenzando por su apellido y las iniciales sin puntos.
- Título del trabajo, terminado con un punto.
- Revista en su expresión abreviada (pe J. Chem. Educ.)
- Año de publicación, Volumen, Número o mes, Páginas del artículo
- Por ejemplo: David, C. W. IR Vibration-Rotation Spectra of the Ammonia Molecule. J. Chem. Educ. 1996, 73, 46.

Para citar libros se indica en el siguiente orden:

- Autor(es) del capítulo o libro
- Título del libro
- Ciudad o país donde se ha impreso
- Editorial que lo ha publicado.
- Año de publicación.
- Páginas (primera y última).

Para citar páginas web se indica en el siguiente orden:

- Apellido en mayúsculas y nombre del autor
- Nombre del documento electrónico en cursiva.
- Año de la publicación en la Web que es el año del Copyright.
- La dirección electrónica (la que aparece en el navegador).
- Fecha de la consulta.
- Por ejemplo: FLORES, Cristóbal, Cómo citar recursos electrónicos, 2004, <http://www.allforweb.com/fue>
[Consulta: viernes, 25 de septiembre de 2008]

21.8 Reglamento

La ENES Morelia ha impulsado la formación integral de sus estudiantes basándose en diversas estrategias que unifiquen la teoría, la resolución de problemas, la experimentación así como la relación con las problemáticas actuales a la par del desarrollo de habilidades y actitudes para la ciencia. De manera particular, en los Laboratorios de Física de la ENES Morelia se ofrecen equipos e instrumentos para que los estudiantes reproduzcan diversos experimentos claves para comprobar las diversas teorías de física, así como brindar las herramientas e instrumentos para generar sus propios experimentos y prototipos. Los estudiantes también desarrollan investigaciones encaminadas a resolver retos, controlar variables y detectar fuentes de error en la medición, así como herramientas tecnológicas, cognitivas y habilidades personales para fortalecer su aprendizaje teórico-práctico. El Laboratorio de Física está equipado con diversos instrumentos y sensores para realizar mediciones de diversos fenómenos de la naturaleza. Las áreas de conocimiento que abordan son principalmente: mecánica, electromagnetismo, electrónica, ondas, termodinámica, fluidos y física moderna. En este sentido, nos referiremos como el Laboratorio de Física a la conformación de los tres siguientes: Laboratorio de docencia para la física moderna. Laboratorio de docencia para la mecánica clásica y termodinámica. Laboratorio de docencia para la electrónica, electromagnetismo y óptica. Cabe señalar que los Laboratorios de Física ofrecen servicios principalmente a las siguientes licenciaturas: Ciencias Ambientales, Ciencias de Materiales Sustentables, Ecología, Geohistoria, Tecnologías para la Información en Ciencias. Este reglamento está basado en las normas oficiales de seguridad e higiene de la UNAM.

21.9 Objetivos

El objetivo de este reglamento es normar las actividades realizadas para impartir clases de una manera segura, así como garantizar el buen funcionamiento y uso de todos los recursos que disponen los Laboratorios de Física. Al cumplir con este objetivo se prevé un mejor aprovechamiento de los recursos así como del desarrollo de la buena práctica en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia.

21.10 Misión

Ofrecer recursos materiales y didácticos para que los estudiantes adquieran y desarrollen sus conocimientos y habilidades en el área de física por medio del desarrollo de prácticas de docencia en las asignaturas teórico-prácticas en los planes de estudios de las diversas licenciaturas de la ENES unidad Morelia. Visión Ser el Laboratorio de Física líder en la enseñanza de la física experimental, ofreciendo el espacio para desarrollar experimentos con tecnología de vanguardia, con el respaldo de un grupo de trabajo de excelencia que se encuentra comprometido con ofrecer un servicio de alta calidad, motivado y satisfecho por servir a los estudiantes.

21.11 Valores

Los usuarios ejercen el respeto, limpieza, orden, así como sentido común: Si ensuciaste, deberás limpiarlo. Si conectaste, deberás desconectarlo. Si solicitas material, deberás

entregarlo. Si abriste, deberá cerrarlo. Si usaste, deberás acomodarlo.

21.12 Lineamientos

Cualquier persona que ingrese a los Laboratorios de Física debe estar atento a los siguientes lineamientos.

21.13 Definiciones

- ENES Morelia. Es la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Laboratorio. De aquí en adelante Laboratorio es todo aquel espacio que asigna la ENES Morelia para desarrollar actividades relacionadas con los saberes experimentales y teóricos de física tales como: mecánica, electrónica, óptica, ondas, termodinámica, etc.
- Usuario. Son todas aquellas personas que requieran realizar alguna actividad dentro del laboratorio (estudiantes de licenciatura o posgrado, prestadores de servicio social, becarios, técnicos y/o docentes de asignatura, así como personal de mantenimiento y administrativos).
- Infractor. Se considera como infractor a la persona que sea sorprendida haciendo mal uso de equipos o como producto de su irresponsabilidad dañe los materiales, instalaciones y componentes del laboratorio, o de las señalizaciones instaladas para protección civil.

21.14 De los estudiantes

- Los usuarios deberán ser responsables del uso del Laboratorio:
 1. Leer y conocer el reglamento completo del Laboratorio.
 2. Acatar las instrucciones para el uso correcto de equipos señaladas por los docentes, responsables de las prácticas o el responsable del Laboratorio.
- Seguir las medidas de seguridad indicadas en el manual de prácticas. Durante las prácticas y de acuerdo a la exigencia de la actividad, los usuarios usarán las medidas de seguridad tales como: lentes de seguridad, guantes y todo lo necesario para garantizar su seguridad. Cabe aclarar que es responsabilidad del usuario adquirir o solicitar el equipo mencionado.
- Se prohíbe:
 1. Jugar y hacer cualquier actividad ajena a las indicadas por el docente.
 2. Ingerir alimentos, fumar o beber.
 3. Usar dispositivos de música con altavoces.
 4. Uso de cabello suelto, lentes de contacto, pantalón corto y zapatos abiertos.
- El estudiante acude a sus prácticas sólo en presencia de su docente y debe abandonar el Laboratorio al término de las mismas.
- Por seguridad queda estrictamente prohibido permanecer en el Laboratorio fuera del horario de clases.
- Asistir puntualmente en la fecha y hora programada. El tiempo de tolerancia para llegar y entrar al Laboratorio será fijado por el docente y/o el laboratorista.

- No se permite la presencia de estudiantes o personas ajenas a la práctica.
- En caso de algún desperfecto, daño o pieza faltante, el usuario deberá de reportarlo inmediatamente al responsable del laboratorio.
- A los usuarios que se les sorprenda rayando las mesas, además de limpiarlas, serán suspendidos de las prácticas a criterio del docente y/o jefe del laboratorio.
- El usuario es responsable del material, aparatos y mobiliario que utilice. Siempre que el usuario solicite material, deberá revisarlo al momento de recibirlo. El responsable en turno del Laboratorio deberá intercambiar el material solicitado por los siguientes dos requisitos esenciales: La credencial del usuario, así como la solicitud de préstamo de material (vale de préstamo) con todo los datos solicitados, incluyendo nombre y firma del usuario, así como la cantidad y descripción del material solicitado que ha indicado el académico. El vale de préstamo estará en la entrada y a la vista de los usuarios.
- Con la finalidad de cuidar las mesas y equipo de trabajo, los usuarios deberán de trabajar en las áreas previamente establecidas para usar el agua, cortar, soldar, etc.
- Una vez terminada la práctica, se regresará la credencial siempre y cuando el material se encuentre en buenas condiciones, en caso contrario, se retendrá la credencial y se colocará en la lista de deudores y el grupo de usuarios deberá de reponerlo al 100%, (ver sección De las Sanciones).
- Los usuarios al finalizar la práctica, limpiarán el área de trabajo, acomodarán mesas/sillas y entregarán los materiales utilizados limpios y en buenas condiciones.
- Queda prohibido desechar sustancias químicas o materiales sólidos que puedan dañar al drenaje o al ambiente. El procedimiento básico para la disposición adecuada para los residuos es que deberán depositarse en recipientes clasificados (plásticos, cristalería rota, electrónica etc.) indicados por el responsable del Laboratorio.
- El equipo y materiales del Laboratorio podrán ser utilizados por el usuario, siempre y cuando no interfiera con las actividades docentes ya programadas.
- Los útiles, mochilas o pertenencias NO requeridas para la práctica, deberán ser colocados en el lugar indicado por el docente o laboratorista. Los objetos olvidados u abandonados permanecerán hasta por 7 días en un área designada para cosas extraviadas, después de ese lapso serán depositados en la basura.
- Los estudiantes utilizarán y permanecerán en el lugar que se les asigne en las mesas de trabajo y evitar desplazarse a otras mesas para distraer el trabajo de los otros compañeros.

21.15 De la reservación y permanencia en el laboratorio

- El docente que necesite utilizar el Laboratorio deberá planear y proceder de acuerdo al capítulo 4 del Manual de procedimientos.
- Sí para realizar la práctica se requiere de materiales o equipo que NO dispone el Laboratorio, entonces deberán ser aportados por el docente y por los estudiantes participantes.
- Para hacer uso del laboratorio, previa verificación de la disponibilidad, es necesario llenar la solicitud electrónica con 3 días de anticipación, la cual será dirigida al responsable para verificar y programar dicha actividad en el calendario. Todos los formatos están disponibles en el portal del Laboratorio de Física.

- El docente quien utilizará el Laboratorio de Física, deberá de indicar con 3 días de anticipación el material que utilizará a lo largo de la práctica.
- Hacer uso adecuado de las instalaciones, mobiliario, instrumental, materiales y sustancias. El profesor es responsable de cuidar el buen uso del material durante el uso que dan los estudiantes al equipo del Laboratorio.

21.16 De la seguridad

- Queda prohibido dejar experimentos bajo condiciones de calentamiento, con sustancias volátiles, destilación, circuitos eléctricos en horarios fuera de clase.
- El personal (académicos, administrativos o estudiantes) que accesa, o realiza sus actividades en los Laboratorios, debe informar al responsable del Laboratorio, si padece alguna enfermedad que requiera atención especial y pueda generar incidentes dentro del área.
- El usuario deberá conocer y ubicar la señalización de evacuación.
- Verificar que dentro del Laboratorio hay un lugar donde se exhiben de manera visible y legiblemente los teléfonos de emergencia, así como el botiquín médico.
- Las puertas de acceso y salidas de emergencia deberán estar siempre libres de obstáculos y en posibilidad de ser utilizadas ante cualquier eventualidad.
- Lo suministros de gas deberá estar señalizado adecuadamente, de tal manera que puedan ser identificados con facilidad.
- Queda estrictamente prohibido entrar al cuarto de resguardo sin autorización. Los equipos, materiales y todo aquello relacionado o necesario para el funcionamiento correcto del Laboratorio, estarán bajo el resguardo del responsable del Laboratorio.
- Los extintores de incendios deberán ser de CO_2 y de polvo químico seco, según lo determine la brigada contra incendios de la ENES. Deberán ser recargados periódicamente de conformidad con los resultados de la supervisión que se realiza regularmente o después de haber sido utilizados. En caso de que un extintor sea utilizado, deberá informarse a la Superintendencia de Obras de la ENES para obtener un extintor de reemplazo temporal. El extintor debe tener la fecha de la última recarga y la fecha de su próximo mantenimiento.
- El responsable del Laboratorio, laboratorista y auxiliar de laboratorio deberán tener conocimientos de los procedimientos de seguridad establecidos para emergencias ocasionadas por incendios, derrames o personas accidentadas y haber llevado el curso de “Primeros Auxilios”.
- El Laboratorio de física moderna deberá contar con una campana de extracción de gases, la cual deberá mantenerse despejada el área de trabajo sin estorbos ni impedimentos para su correcto funcionamiento. Se le deberá proporcionar el mantenimiento preventivo o correctivo cuando el responsable del área lo solicite.
- Los sistemas de suministro de gas, agua corriente y de drenaje se encuentran debidamente señalados de color amarillo, verde y gris, respectivamente. Estos sistemas deberán recibir el mantenimiento preventivo o correctivo. La solicitud debe ser llenada por medio del Formato Único de Servicio (ver anexo 2) y debe ser firmado por el responsable del área.
- Al finalizar las actividades cotidianas, el responsable del Laboratorio o el académico de la asignatura deberán verificar que queden cerradas las llaves de gas, agua, aire

21.17 De las prácticas de campo o actividades fuera del Laboratorio 167

comprimido, etc., así como apagar todos los equipos que se hayan utilizado. En caso de requerir que algún dispositivo funcione continuamente, deberán indicarse tanto en el interior como en el exterior del Laboratorio, en forma visible y legible, las precauciones que deberán seguirse, así como la información para localizar al responsable.

21.17 De las prácticas de campo o actividades fuera del Laboratorio

- Los usuarios que participen en la práctica de campo o exhibiciones fuera de las instalaciones de la ENES Morelia serán los responsables del material solicitado y el académico al frente del curso será corresponsable, por lo que los estudiantes llenarán el vale de préstamo con el material solicitado y el visto bueno del académico.
- El equipo que se encuentra inventariado no saldrá del laboratorio, excepto cuando exista un seguro otorgado por la Administración para que ampare a dicho material. Dicho equipo deberá solicitarlo el académico de Tiempo Completo con una anticipación mínima de 10 días hábiles, ante el responsable del Laboratorio y el Coordinador de la Licenciatura en Geociencias, así como ante la secretaría administrativa de la ENES con objeto de tramitar un seguro que ampare a dicho instrumental.
- Al finalizar la práctica, el “Vale de préstamo” será cancelado y resguardado por el laboratorista para fines de inventario.
- La devolución de equipos o materiales en préstamo deberá realizarse en un máximo de 3 días hábiles después de terminar la actividad en la que se emplearon.

21.18 De las sanciones

- Cuando se cometa una infracción a este reglamento el docente responsable del grupo dará aviso al responsable del Laboratorio por medio del reporte, el cual puede ser escrito en la misma papeleta de solicitud de material. Además se registrará en el control y en la base de datos “Estudiante Deudor” el nombre del infractor, la fecha y la pieza a reparar, el cual es verificada por servicios escolares. El infractor escribirá en el mismo vale de préstamo la leyenda “Me comprometo a repararlo”. Se considerarán 7 días o las que el proveedor señale para reparar el daño. El usuario hará el depósito directamente al proveedor y el personal de la ENES nunca recibirán el dinero.
- Hasta verificar la reparación del daño, se resguardará en el Laboratorio la credencial del usuario.
- En caso de que el usuario no repare el daño en el tiempo establecido, el responsable del laboratorio hará un reporte para la coordinación, el docente implicado y a la administración para que las sanciones sean emitidas por el Honorable Consejo Técnico de la ENES, conforme a las disposiciones de la Legislación Universitaria.
- En el caso de que el académico responsable no apoye en el seguimiento a la reparación del daño, éste también será reportado ante el Honorable Consejo Técnico.
- Cualquier alteración de las condiciones de seguridad, o en el incumplimiento del presente reglamento, deberá ser reportada al responsable del Laboratorio y/o autoridades.

- Todas aquellas cuestiones que no estén específicamente señaladas en el presente reglamento deberán ser resueltas en primer instancia por el responsable del Laboratorio en conjunto con el Coordinador de la licenciatura y en caso de ser necesario por la Comisión de Seguridad e Higiene, la cual se apoyará en la Dirección de la Institución y el Honorable Consejo Técnico.

El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su aprobación por el Consejo Técnico de la ENES Unidad Morelia, UNAM.

Fecha de Aprobación: Febrero del 2017

Cualquier anomalía reportarla a los responsables del Laboratorio a la extensión 80512 o al correo laboratorio.fisica@enesmorelia.unam.mx y para mayor información visita el portal del Laboratorio de Física www.goo.gl/0K15ta

Bibliografía

- [1] Yesenia Arredondo y et al. *Laboratorio Interdisciplinario*. ENES Morelia, UNAM, 2017 (véase páginas 8, 13).
- [2] D.C. Baird. *Experimentación. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*. Pearson Educación, 1991 (véase página 13).
- [3] Thomas Kuhn. *La estructura de las revoluciones científicas*. University of Chicago Press, 1962 (véase página 7).
- [4] PASCO-Scientific/P01. *Introduction to Measurement*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (01)*. 2016 (véase página 15).
- [5] PASCO-Scientific/P011. *Acceleration on an Inclined Plane*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (11)*. 2016 (véase página 77).
- [6] PASCO-Scientific/P02. *Uncertainty and Error Analysis*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (02)*. 2016 (véase página 23).
- [7] PASCO-Scientific/P03. *Relative Motion in One Dimension*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (03)*. 2016 (véase página 29).
- [8] PASCO-Scientific/P04. *Graph Matching*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (04)*. 2016 (véase página 37).
- [9] PASCO-Scientific/P05. *Instantaneous and Average Speed*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (05)*. 2016 (véase página 43).
- [10] PASCO-Scientific/P06. *Position and Velocity*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (06)*. 2016 (véase página 51).
- [11] PASCO-Scientific/P07. *Velocity and Acceleration*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (07)*. 2016 (véase página 59).

- [12] PASCO-Scientific/P08. *Equations of Motion for Constant*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (08)*. 2016 (véase página 69).
- [13] PASCO-Scientific/P12. *Projectile Motion*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (12)*. 2016 (véase página 85).
- [14] PASCO-Scientific/P15. *Newton's 2nd Law*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (15)*. 2016 (véase página 97).
- [15] PASCO-Scientific/P23. *Coefficients of Friction*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (23)*. 2016 (véase página 105).
- [16] PASCO-Scientific/P27. *Centripetal Force*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (27)*. 2016 (véase página 113).
- [17] PASCO-Scientific/P30. *Conservation of Energy of a Simple Pendulum*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (30)*. 2016 (véase página 121).
- [18] PASCO-Scientific/P35. *Ballistic Pendulum*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (35)*. 2016 (véase página 135).
- [19] PASCO-Scientific/P36. *Newton's 2nd Law for Rotation*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (36)*. 2016 (véase página 141).
- [20] PASCO-Scientific/P39. *Newton's 2nd Law for Rotation*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (39)*. 2016 (véase página 149).
- [21] PASCO-Scientific/P41. *Spring and Mass Oscillations*. In *Comprehensive 850 Physics System Experiment Manual, UI-5813, (41)*. 2016 (véase página 155).
- [22] F. W. Sears, M. W. Zemansky y H. D. Young. *Física Universitaria*. Addison-Wesley Pub. Co., 1987 (véase páginas 26, 56, 66, 132, 158).