



Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Juan Manuel Ocegueda Hernández
Rector

Dr. Alfonso Vega López
Secretario general

Dra. Blanca Rosa García Rivera
Vicerrectora Campus Ensenada

Dr. Ángel Norzagaray Norzagaray
Vicerrector Campus Mexicali

Dra. María Eugenia Pérez Morales
Vicerrectora Campus Tijuana

Dr. Hugo Edgardo Méndez Fierros
Secretario de Rectoría e Imagen Institucional



Universidad Autónoma de Baja California

Esta investigación fue dictaminada por pares académicos

González Félix Marisela, 1912
Textos filosóficos: 1989-1999/
Horst Matthai Quelle.-- Mexicali,
Baja Calif.: Universidad Autónoma de
Baja California, c2000.
420 p. ; 14 x 21 cm.
ISBN 970-9051-32-6
I. Filosofía. I. Universidad
Autónoma de Baja California. II. t.
B52 M38
ALCF/ecr/mxl120700

©D.R. 2016 Roberto Javier Guerrero Moreno y Érika Luna Mendoza

Las características de esta publicación son propiedad de la
Universidad Autónoma de Baja California.
Departamento de Editorial. Av. Reforma 1375.
Col. Nueva. C.P. 21100. Mexicali, Baja California, México.
Teléfono: (686) 552-1056.
Correo electrónico: editorial@uabc.edu.mx
www.uabc.mx

ISBN:

Coordinación editorial: Laura Figueroa Lizárraga.
Diseño de portada: José Guadalupe Martínez Alvarado.
Formación: Paulina Wong Hernández.
Edición: Gerardo Ávila Pérez.

Roberto Javier Guerrero Moreno
Érika Luna Mendoza

Dinámica experimental

Selección Anual para el Libro Universitario

NOTA AL USUARIO

El objetivo de este texto es presentar un conjunto de experimentos que no sólo satisfagan las necesidades prácticas que presenta la carta descriptiva del curso de dinámica, sino que apoyen y expandan los contenidos. Los experimentos aquí presentados en su gran mayoría son basados en el equipo de laboratorio de la compañía pasco (2004) y, en particular, en la medición por sensores y el manejo de la información adquirida por computadora. Por esta razón, muchas

de las prácticas presentadas en este manual son traducciones, con ligeras modificaciones, de aquellas que el equipo pasco incluye en su paquetería. Sin embargo, se presentan algunas prácticas de laboratorio que salen de este esquema y utilizan técnicas tradicionales para obtener los datos experimentales.

Roberto J. Guerrero M.

ÍNDICE GENERAL DE EQUIPO REQUERIDO

EQUIPO CON NÚMERO DE PARTE

Equipo	Utilizado en las prácticas	Número de parte
Interfaz ScienceWorkshop 750	1-5, 7-15 y 17-22	CI-7579
Sensor de movimiento rotacional	21 y 22	CI-6538
Accesorio de fuerza	19	CI-6545
Sensor de aceleración	7, 11 y 12	CI-6558
Accesorio de movimiento lineal	21	CI-6688
Accesorio rotacional	22	CI-6691
Sensor de movimiento	1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 17, 18, 19 y 20	CI-6742
Sensor de fuerza	13, 14, 15, 19 y 21	CI-6746
Abrazadera en C grande	9 y 10	SE-7285
Cuerda	12, 13, 14 y 15	SE-8050
Cinta métrica	7, 8, 9, 10, 16, 17 y 22	SE-8712
Báscula	12, 13, 16, 18, 19 y 22	SE-8723
Resorte	21	SE-8749
Adaptador para carros	1	ME-6747
Lanzador de proyectiles	9 y 10	ME-6800
Accesorio de tiempo de vuelo	9	ME-6810
Soporte de fotocpuerta	9 y 10	ME-6821
Sistema de poleas y fotocpuertas	8, 13 y 15	ME-6838
Accesorio descubrefricción	15	ME-8574
Base universal grande	7, 8, 20, 21 y 22	ME-8735
Barra de 45 centímetros	7, 8, 20, 21 y 22	ME-8736
Barra de 90 centímetros	8	ME-8738
Varilla de 120 centímetros	21	ME-8741
Juego de masas y ganchos (caja azul)	12, 13 y 15	ME-8979
Abrazadera universal para mesa	8, 13 y 15	ME-9376 B
Cerca grande	8	ME-9377 A
Carro dinámico	1, 2, 4, 7, 11, 12, 13, 18 y 19	ME-9430
Pista dinámica	1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 15, 18 y 19	ME-9435 A
Bloque de fricción (ME-9807)	11 y 15	Parte de ME-9435 A
Polea con abrazadera	12	ME-9448
Carro para colisiones	1	ME-9454
Fotocpuerta y cerca	2	ME-9471 A
Accesorio de ventilador	4, 5 y 11	ME-9491
Accesorio de pulso de tiempo	4	ME-9496
Fotocpuertas	9 y 10	ME-9498
Carro motorizado	3 y 4	ME-9781
Abrazadera doble	7, 8, 20 y 21	ME-9873

MATERIAL Y SUSTANCIAS ADICIONALES SIN NÚMERO DE PARTE

Cantidad	Material	Utilizado en las prácticas
1	Cartón delgado de 10 centímetros por 10 centímetros	1
4	Baterías C	3 y 4
4	Baterías AA	4, 5 y 11
3	Cronómetro	6 y 16
1	Flexómetro	6
1	Vernier	16
3	Pelota de tenis	6
1	Pelota de hule	8
1	Pelota de béisbol o basquetbol	20
1	Balanza	15
3	Figuras de papel de formas diferentes construidas con la misma cantidad de este material	17
12	Filtros de café	17
6	Probetas de 100 ml	16
6	Canicas de vidrio (iguales)	16
100 ml	Miel de abeja	16
100 ml	Jarabe de azúcar	16
100 ml	Aceite de motor de carro (grado mínimo 40)	16
100 ml	Aceite vegetal de cocina	16
100 ml	Aceite de bebé	16
100 ml	Jabón líquido	16
1	Material de limpieza para probetas	16
1	Rollo de papel absorbente (papel de cocina)	16

CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Para el usuario primerizo de este manual y/o del equipo de laboratorio pasco puede ser un tanto desconcertante trabajar con un material desconocido. Previendo esto, en este capítulo presentamos una descripción detallada del equipo utilizado. De esta manera, el lector encontrará una imagen de cada elemento, así como los nombres de cada una de las partes que lo integran. Además, en el “Índice general de equipo requerido” el usuario podrá encontrar en qué práctica y/o experimento se utiliza cada uno de los materiales.

Es muy importante que el usuario del equipo de laboratorio revise que el material esté completo al recibir el préstamo, ya que, al momento de entregar el equipo, de no estar completo y/o presentar daños, será su responsabilidad. También es importante seguir las

indicaciones del manual para el uso y tolerancias del equipo, ya que puede ser dañado al no atender estas recomendaciones.

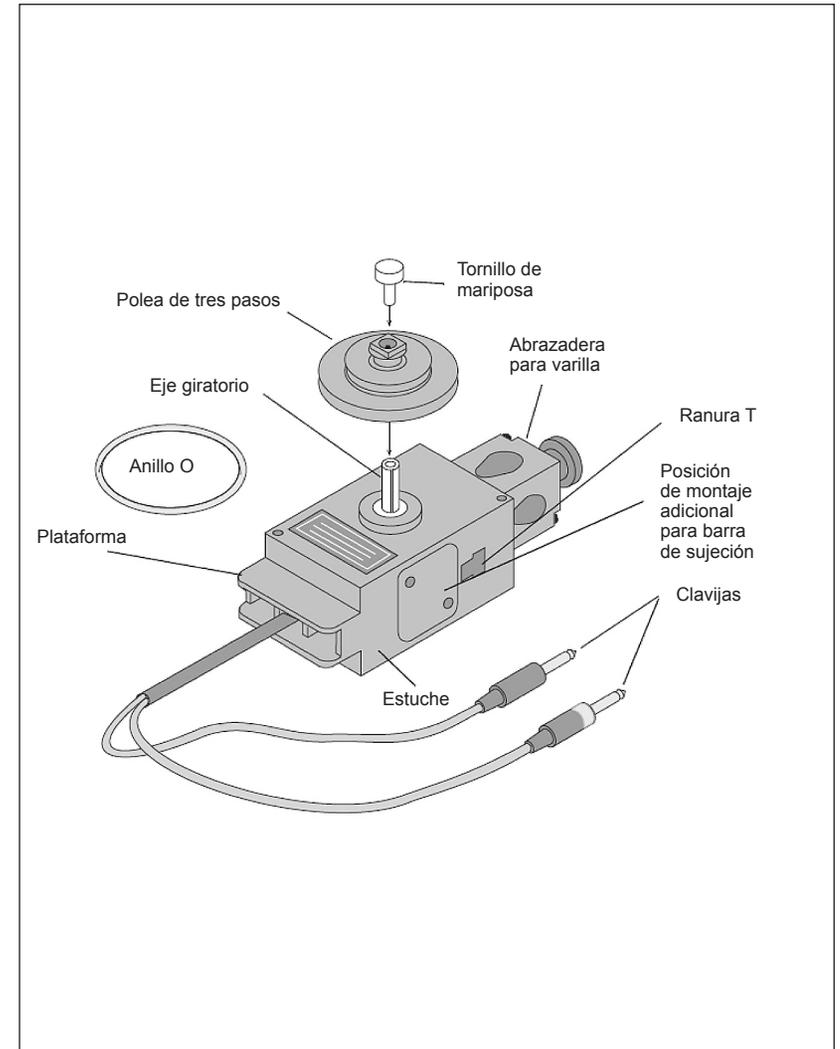
DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL EQUIPO

La descripción que se hace del equipo en este capítulo es altamente gráfica e intuitiva y será complementada con información adicional en el transcurso del texto. A continuación se muestra un listado del equipo en el orden que se presentará:

- Sensor de movimiento rotatorio.
- Accesorio de fuerza.
- Sensor de aceleración.

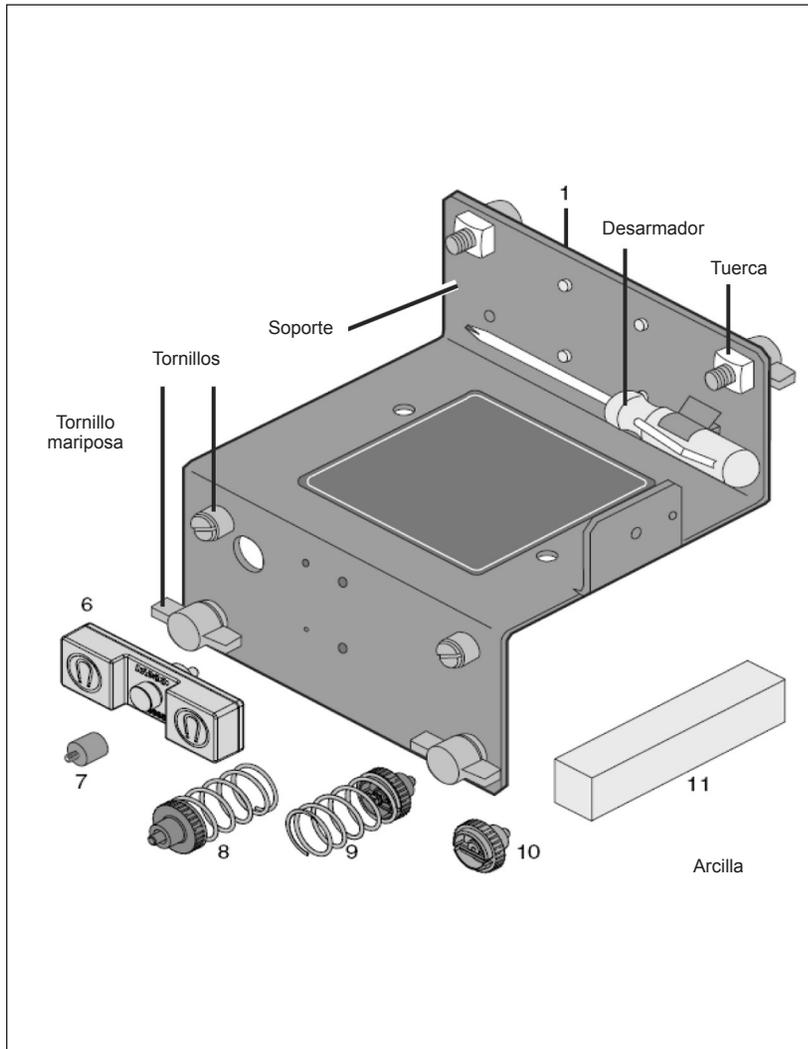
- Accesorio de movimiento lineal.
- Accesorio rotacional.
- Sensor de movimiento.
- Sensor de fuerza.
- Abrazadera en C grande.
- Resorte.
- Adaptador para carros.
- Lanzador de proyectiles.
- Accesorio de tiempo de vuelo.
- Soporte de fotocpuerta.
- Sistema de poleas y fotocpuerta.
- Accesorio descubrefricción.
- Base universal grande.
- Abrazadera doble.
- Barras para base universal de 45 y 120 centímetros.
- Juego de masas y ganchos.
- Abrazadera universal para mesa.
- Cerca grande.
- Carro dinámico con masa.
- Pista dinámica.
- Bloque de fricción.
- Polea con abrazadera.
- Auto de colisión.
- Fotocpuerta y cerca.
- Accesorio de ventilador.
- Accesorio impulso de tiempo.
- Cabeza de fotocpuerta.
- Auto motorizado y auto motorizado de velocidad variable.
- Resorte.

Sensor de movimiento rotatorio (*Rotary motion sensor* CI-6538)



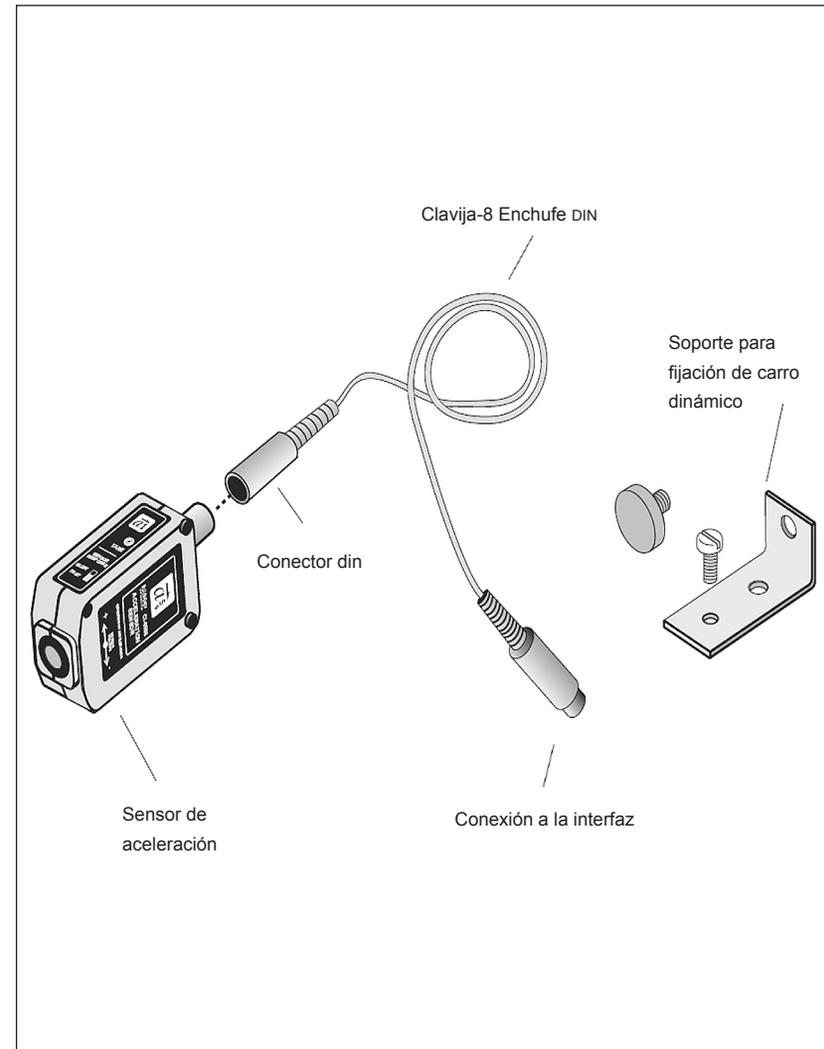
Fuente: Hanks, J. (2004). *Rotary motion sensor*, modelo CI-6538. Hoja de instrucción 012-06053B. PASCO Scientific.

Accesorio de fuerza (Force accessory bracket CI-6545)



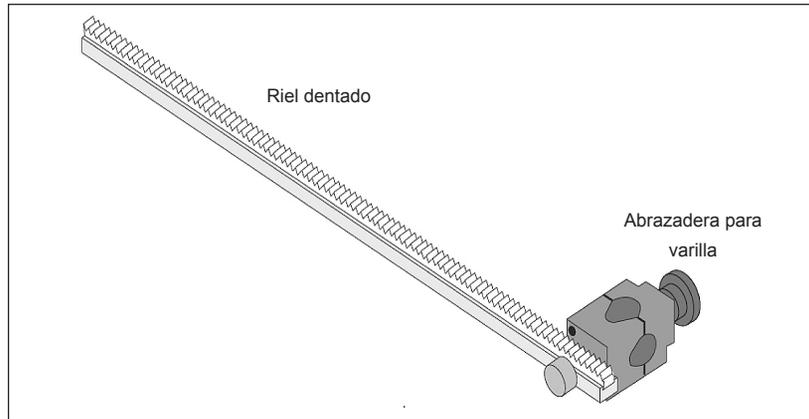
Fuente: Force accessory bracket, modelo CI-6545. Hoja de instrucción 012-05835B. pasco Scientific.

Sensor de aceleración (Acceleration sensor CI-6558)



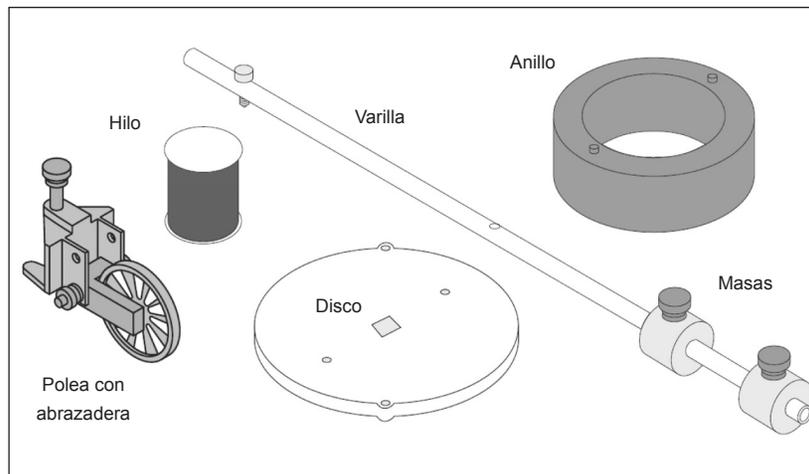
Fuente: Bishop S. (2004). Acceleration sensor, modelo CI-6558. Hoja de instrucción 012-06361. PASCO Scientific.

Accesorio de movimiento lineal (Linear Motion Accessory CI-6688)



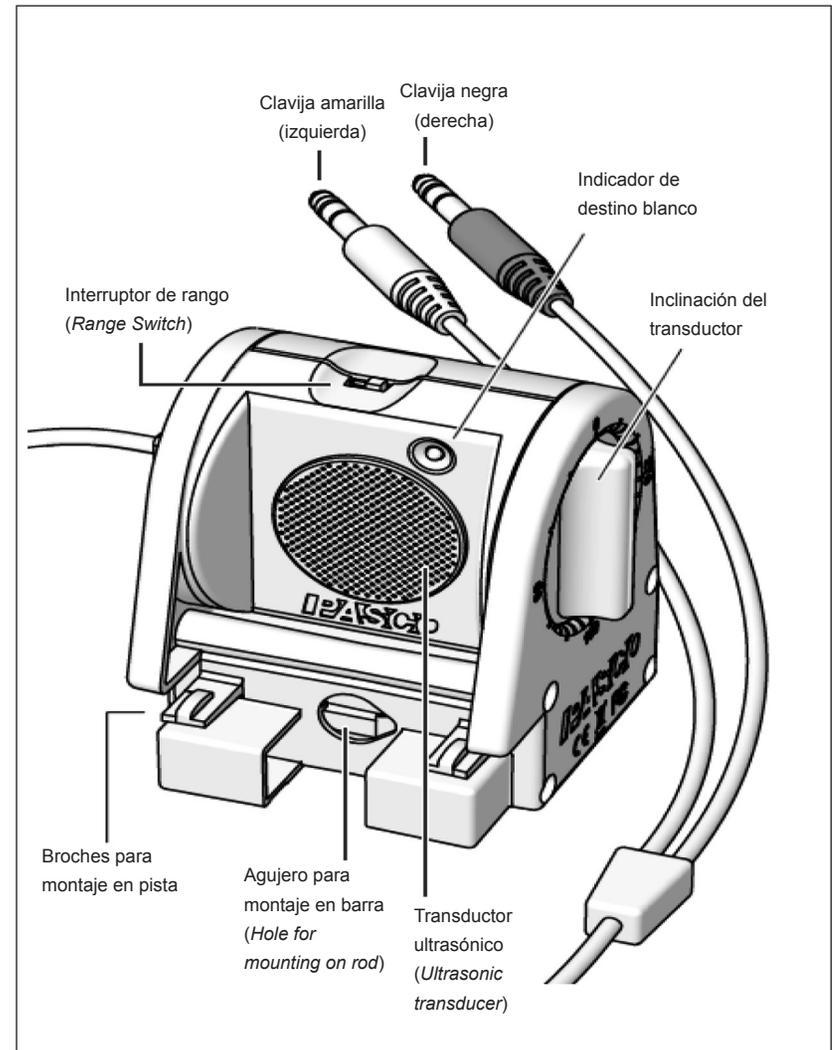
Fuente: Hanks J. (2004). *Linear motion accessory*, modelo CI-6688. Hoja de instrucción 012-06002A. PASCO Scientific.

Accesorio rotacional (Mini rotational accessory CI-6691)



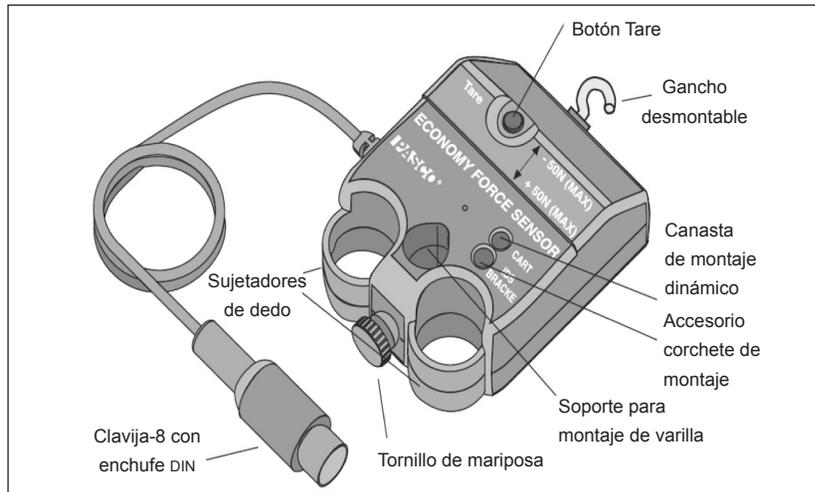
Fuente: Hanks J. (2004). *Mini-rotational accessory*, modelo CI-6691. Hoja de instrucción 012-05982B. PASCO Scientific.

Sensor de movimiento (*Motion sensor CI-6742 A*)⁶



Fuente: *Motion sensor II*, modelo CI-6742a. Hoja de instrucción 012.09624A. PASCO Scientific.

Sensor de fuerza (*Force sensor CI-6746*)



Fuente: *Economy force sensor*, modelo CI-6746. Hoja de instrucción 012-06906B. PASCO Scientific.

Abrazadera en C (*Large C clamp SE-7285*)



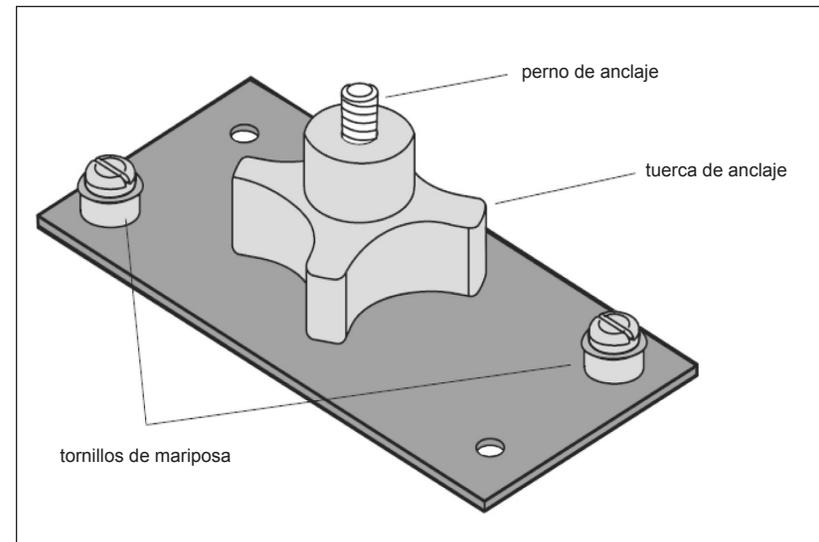
Fuente: PASCO Scientific (1996). *Large C clamp*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-7285_large-c-clamp-6-pack/index.cfm.

Resorte (*Hooke's law spring set SE-8749*)⁹



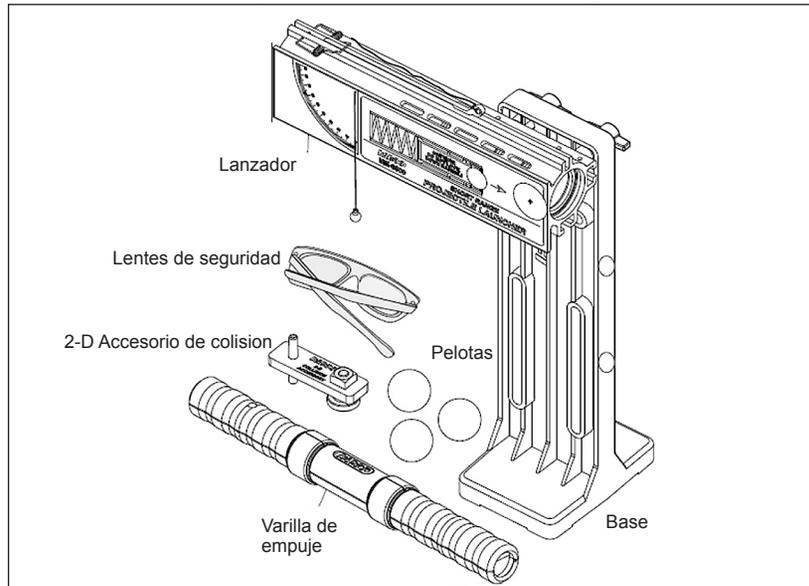
Fuente: PASCO Scientific (2004). *Hooke's law spring set*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-8749_hookes-law-spring-set/index.cfm

Adaptador para carros (*Car adapter accessory ME-6747*)



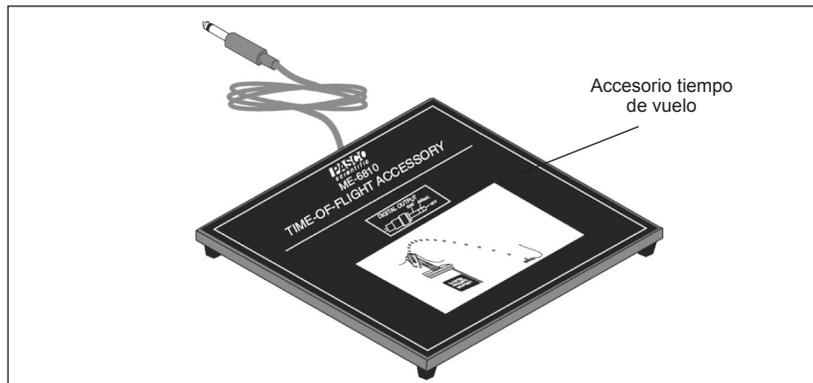
Fuente: *Car adapter accessory*, modelo ME-6743. Hoja de instrucción 012-06877A. PASCO Scientific.

Lanzador de proyectiles [*Projectile launcher (short range) ME-6800*]



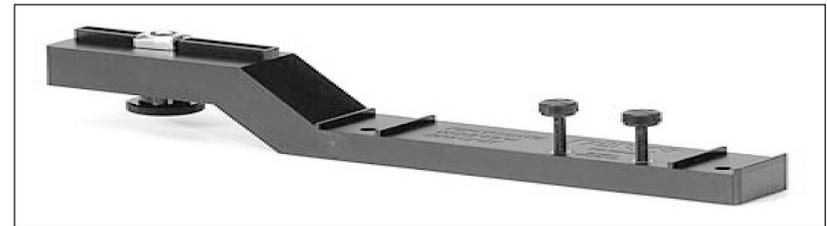
Fuente: Projectile Launcher, modelo 6800. Manual 012-05043G. pasco Scientific.

Accesorio tiempo de vuelo (*Time of flight accessory ME-6810*)



Fuente: Hanks, J. & Hanks, A. (2004). Time of flight accessory, modelo ME-6810. Hoja de instrucción 012-05088D. pasco Scientific.

Soporte de fotocpuerta (*Photogate mounting bracket ME-6821*)



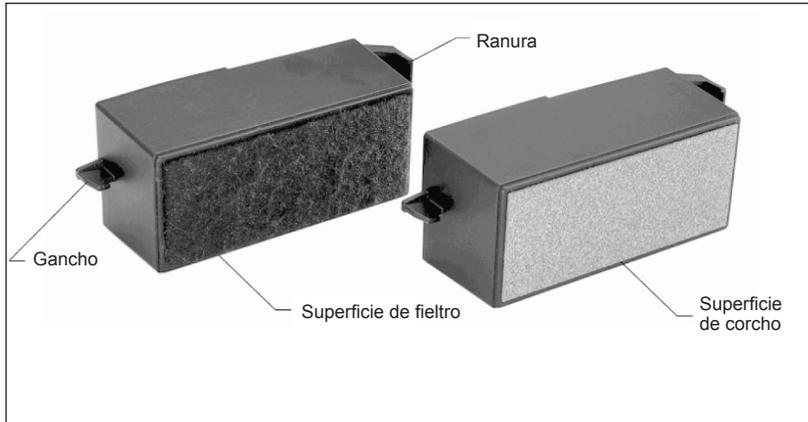
Fuente: PASCO Scientific. (2004). Photogate mounting bracket. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-6821_photogate-mounting-bracket/index.cfm.

Sistema de poleas y fotocpuertas (*Photogate & pulley system ME-6838*)



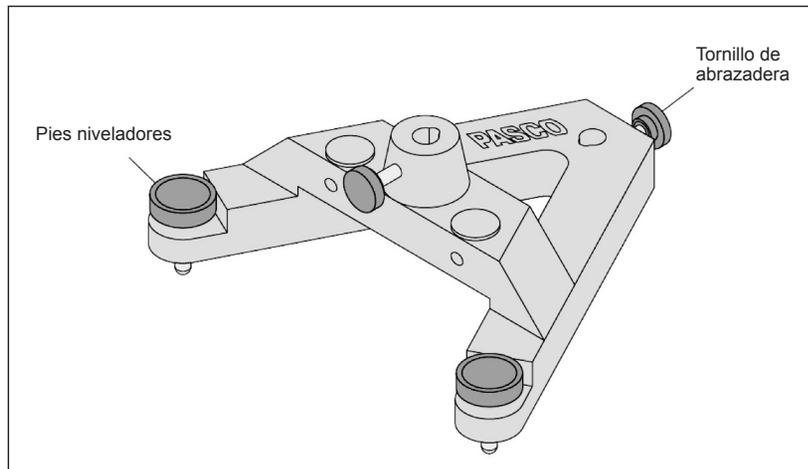
Fuente: PASCO Scientific. (2004). Photogate pulley system. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-6838_photogate-pulley-system/index.cfm.

Accesorio descubrefricción (*Discover friction accessory* ME-8574)



Fuente: *Discover friction accesory*, modelo ME-8574. Hoja de instrucción 012-07552A. PASCO Scientific.

Base universal grande
(Large rod base ME-8735)



Ayars, E. (2004). *Large rod stand*, modelo ME-8735. Hoja de instrucción 012-05338A. PASCO Scientific.

Barras para base universal

Barra de 45 centímetros (*45 centimeters stainless rod* ME-8736)



Fuente: PASCO Scientific. (2004). *45 centimeters stainless steel rod*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8736_45-centimetros-stainless-steel-rod/index.cfm.

Barra de 120 centímetros (*120 Centimeters stainless rod* ME-8741)



Fuente: PASCO Scientific. (2004). *120 centimeters stainless steel rod*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8741_120-centimetros-stainless-steel-rod/index.cfm.

Juego de masas y ganchos (*Mass and hanger set* ME-8979)



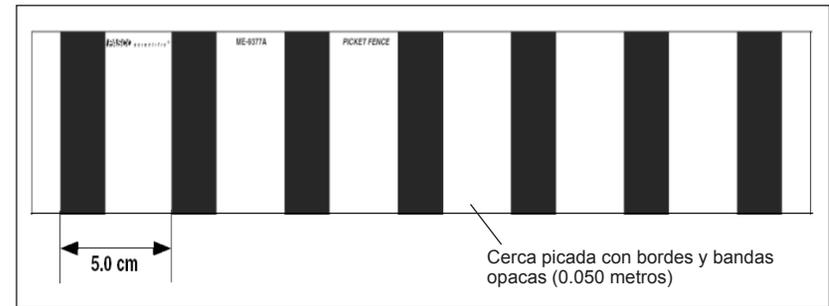
Fuente: PASCO Scientific. (2004). *Mass and hanger set*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8979_mass-and-hanger-set/index.cfm.

Abrazadera universal para mesa (*Universal table clamp* ME-9376B)



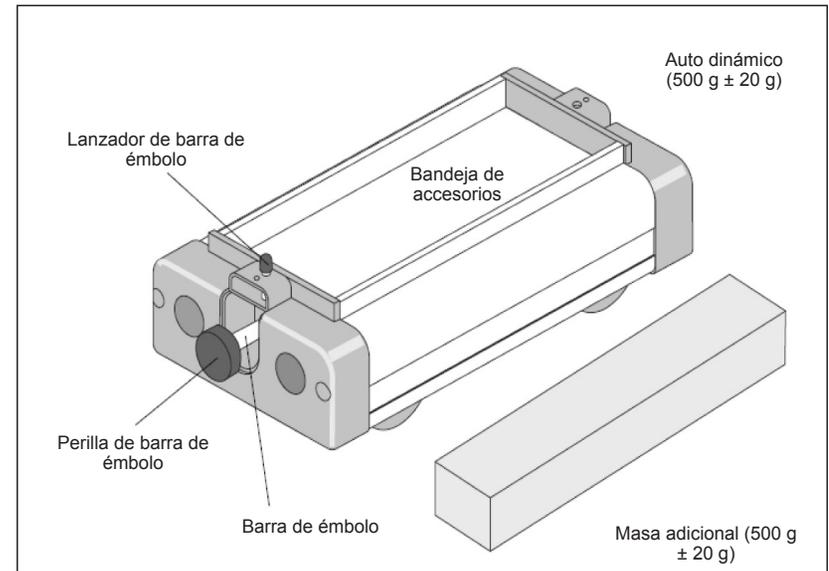
PASCO Scientific. (2004). *Universal table clamp*, Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9376_universal-table-clamp/index.cfm.

Cerca grande (*Picket fence* ME-9377 A)



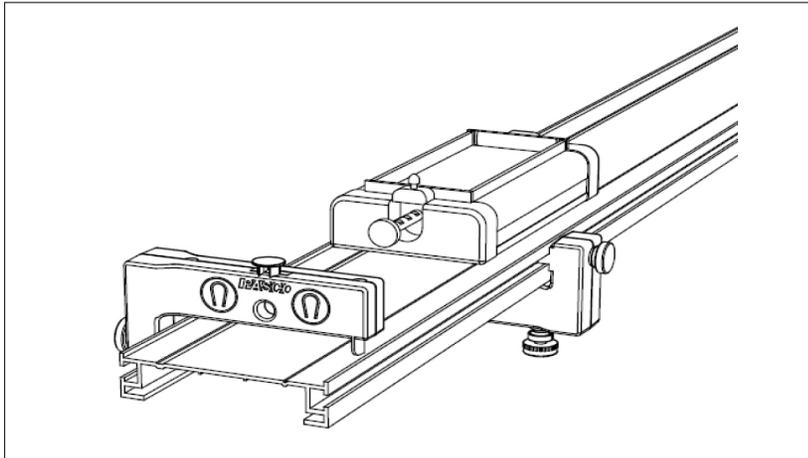
Fuente: *Picket fence*, modelo ME.9377A. Hoja de instrucción 012-04083C. PASCO Scientific.

Carro dinámico con masa (*Dynamics cart with mass* ME-9430)



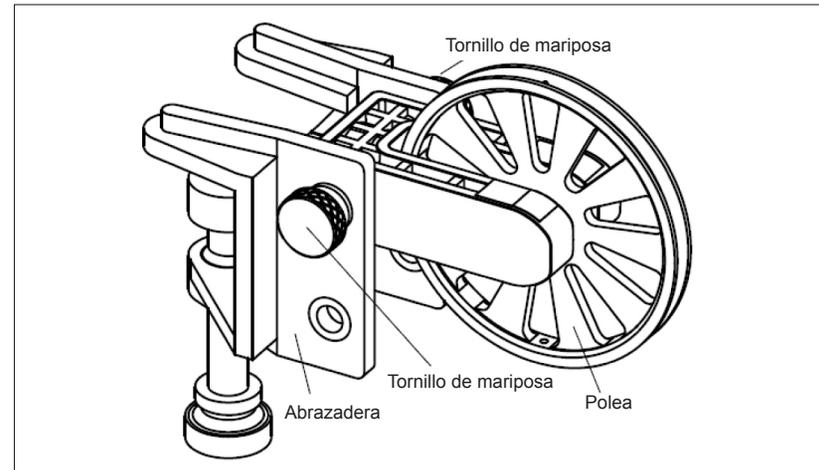
Fuente: PASCO Scientific (2004). *Hookes law spring set*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-8749_hooks-law-spring-set/index.cfm.

Pista dinámica (1.2 m Classic dynamics system ME-9435A)



Fuente: Hanks, A., Hanks, J., Ayars & E., Ogston A. (2004). 1.2 m *Clasic dynamics system*, modelo ME-9429B. Manual y guía experimental No. 012-05035G. PASCO Scientific.

Polea con abrazadera (Super pulley with clamp ME-9448 B)



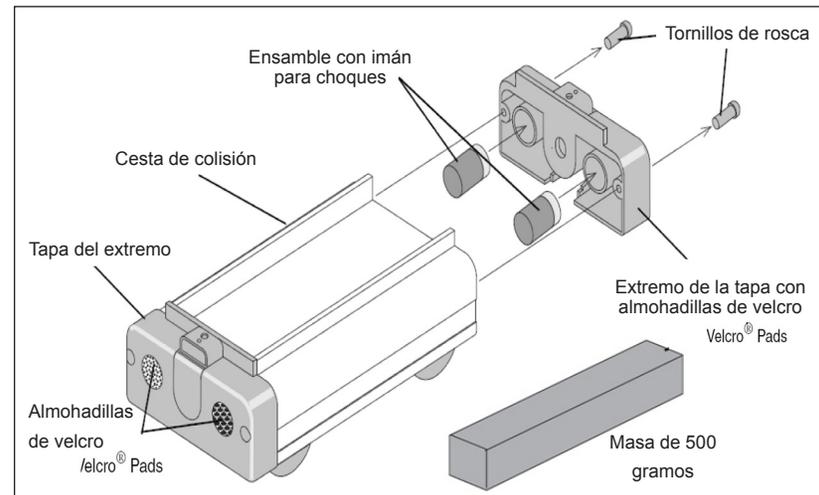
Fuente: *Super pulley whith clamp*, modelo ME-9448B. Hoja de instrucción 012-12537A. PASCO Scientific.

Bloque de fricción (Friction block ME-9429B)



Fuente: PASCO Scientific. (2004). *Friction block ids*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9807_friction-block-ids/index.cfm.

Auto de colisión (Collision cart ME-9454)²⁶



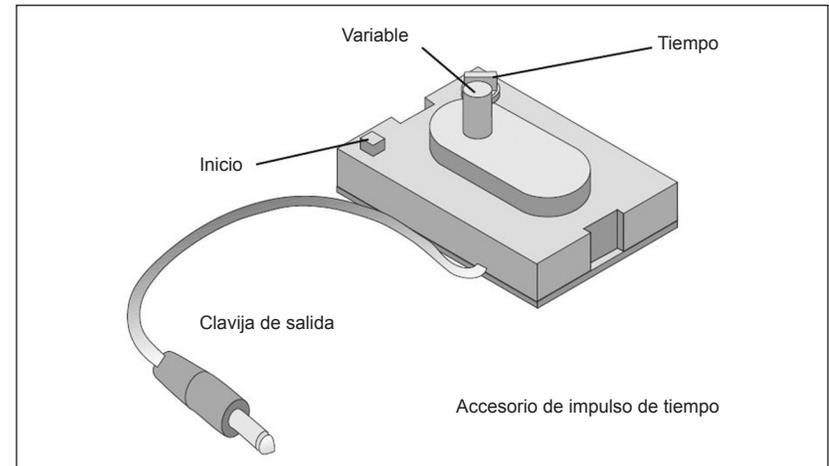
Fuente: *Collision cart*, modelo ME-9454. Manual No. 012-04966D. PASCO Scientific.

Fotocompuerta y cerca (*Photogates and fences ME-9471 A*)



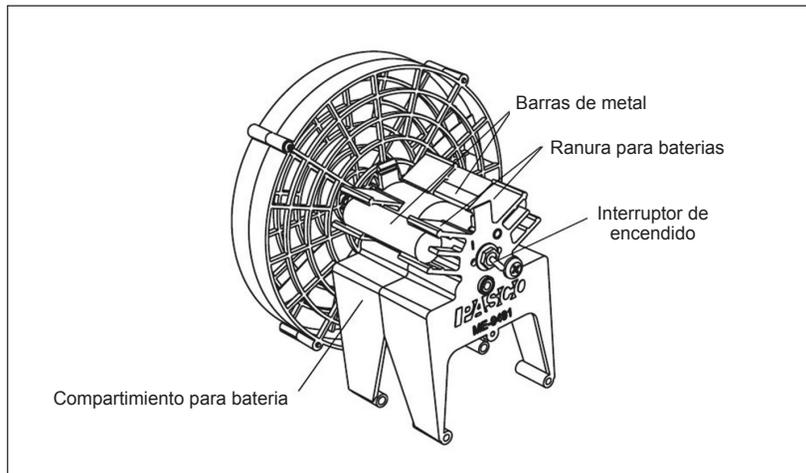
Fuente: PASCO Scientific. (2004). *Photogates and fences dynamics systems*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9471_photogates-and-fences-dynamics-systems/index.cfm.

Accesorio de impulso de tiempo (*Time pulse accessory ME-9496*)



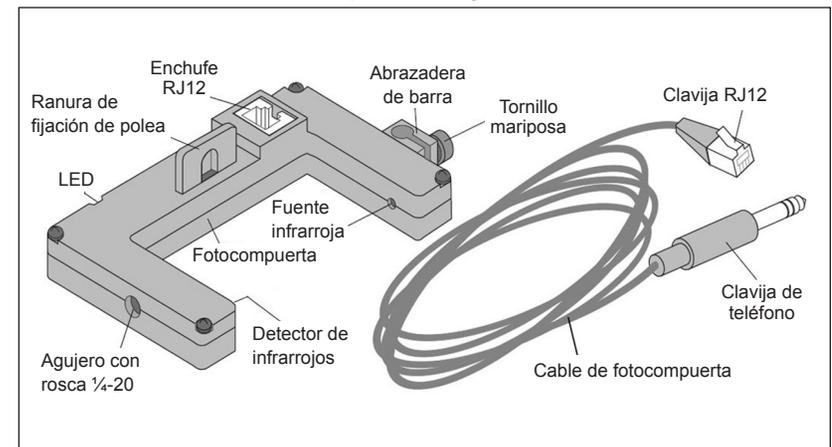
Fuente: Luffman F. (2004). Time pulse accessory, modelo ME-9496. Hoja de instrucción 012-06729C. pasco Scientific.

Accesorio de ventilador (*Fan accessory ME-9491*)



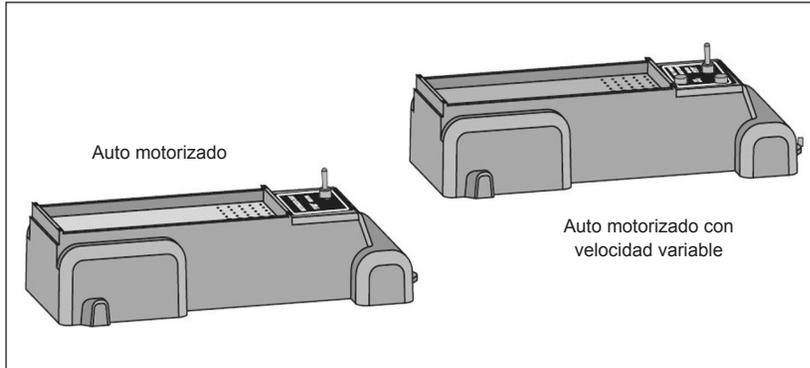
Fuente: *Fan accessory*, modelo ME-9491. Manual 012-06363G. PASCO Scientific.

Cabeza de fotocompuerta (*Photogate head ME-9498 A*)



Fuente: *Photogate head*, modelo ME-9498A. Hoja de instrucción 012-06372B. PASCO Scientific.

Auto motorizado y auto motorizado con velocidad variable (*Variable speed motorized cart ME-9780-81*)



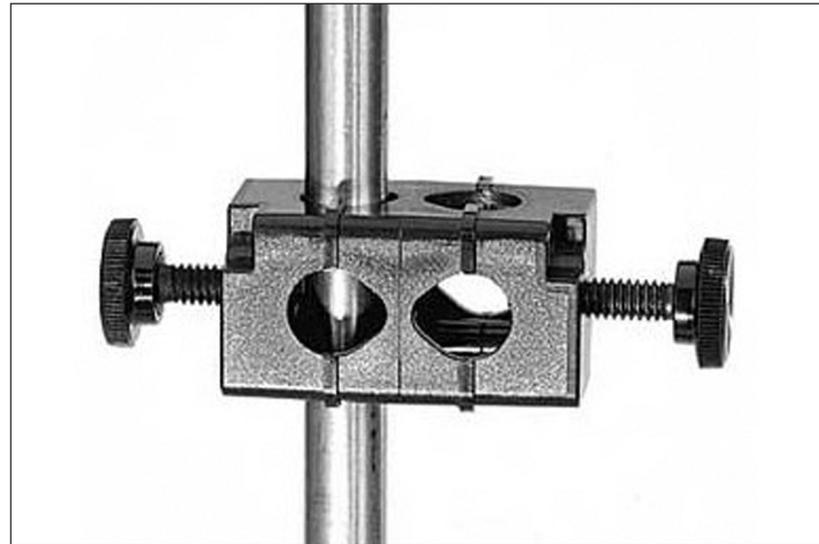
Fuente: *Motorized cart and variable speed motorized cart*, modelo ME-9780 y ME-9781. Hoja de instrucción 012-06880A. PASCO Scientific.

Resortes armónicos (*Harmonic springs ME-9803*)



PASCO Scientific. (2004). *Harmonic springs 8 pack*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9803_harmonic-springs-8-pack/index.cfm.

Abrazadera doble (*Double rod clamp ME-9873*)³³



Fuente: PASCO Scientific. (2004). *Double rod clamp*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9873_double-rod-clamp-3-pack/index.cfm.

CAPÍTULO II ENSAMBLADO GENERAL DEL EQUIPO

En este capítulo presentamos, de manera gráfica, una descripción del equipo de laboratorio. Debemos aclarar que aun cuando en cada experimento se describe el montaje del equipo utilizado, en esta sección se ilustran algunos de los pasos más comunes en el ensamblado del equipo.

De acuerdo con nuestra experiencia, el armado del equipo de laboratorio es intuitivo y, por lo tanto, a medida que adquiera más experiencia con éste, se requerirá consultar cada vez menos esta sección.

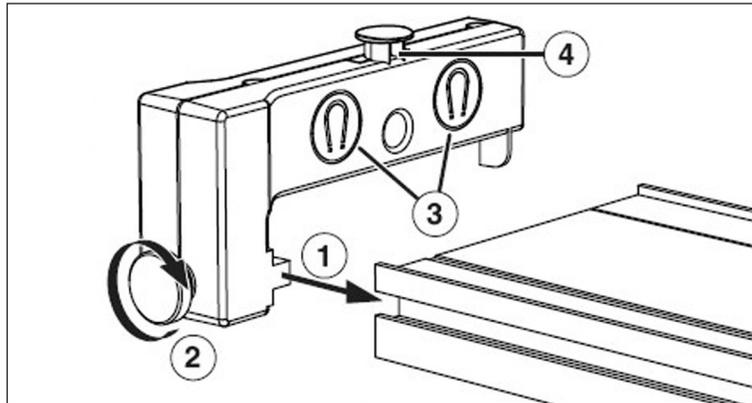
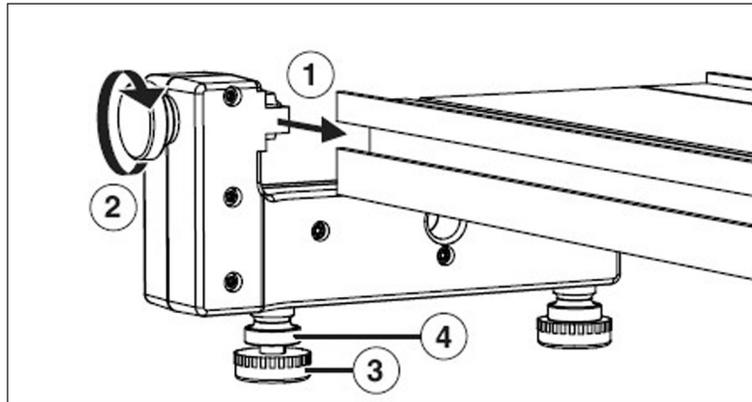
Le recordamos que tenga cuidado con el equipo ya que, como notará, contiene muchas partes móviles y/o pequeñas que son fáciles de extraviar. Asegúrese de que los tornillos y tuercas de su equipo regresen a las bolsas y/o cajas adecuadas.

MONTAJE GENERAL

Como apoyo al lector, en la siguiente lista presentamos un listado que asocia cada montaje mostrado en este capítulo con la práctica y/o experimento en donde se utiliza.

Ensamblaje	Práctica utilizada
Pista dinámica	1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 15, 18 y 19
Sensor de movimiento - Adaptador para carros - Carro dinámico	1
Fotocompuerta - Pista dinámica	13 y 15
Carro dinámico - Accesorio de ventilador	4, 5 y 11
Accesorio de ventilador - Accesorio pulso de tiempo	4
Carro dinámico - Sensor de aceleración	7, 11 y 12
Lanzador de proyectiles	9 y 10
Polea	12

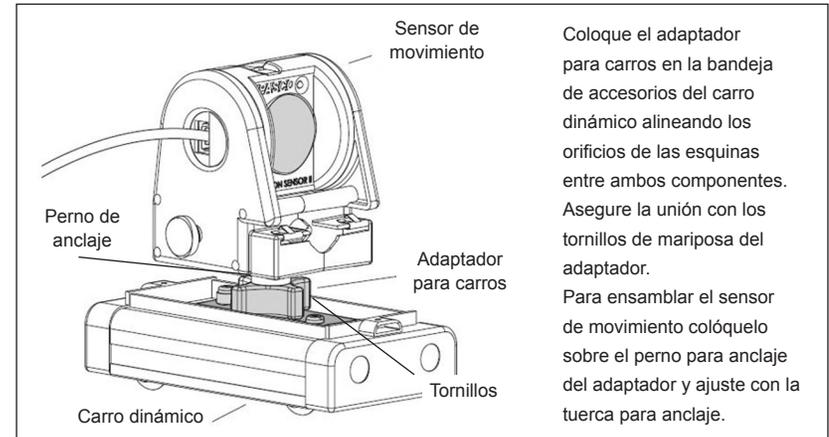
Pista dinámica



1. Deslice la pestaña en la ranura T de la pista.
2. Asegure los tornillos de mariposa para fijar los pies a la pista.
3. Gire los tornillos inferiores para nivelar la pista.
4. Utilice las tuercas de bloqueo para fijar este nivel.
5. El número 3 indica la posición de dos imanes que reducen el efecto de un impacto con el carro dinámico. Es importante determinar si estos imanes deben colocarse interna o externamente a la pista, ya que pueden afectar el resultado de las prácticas.

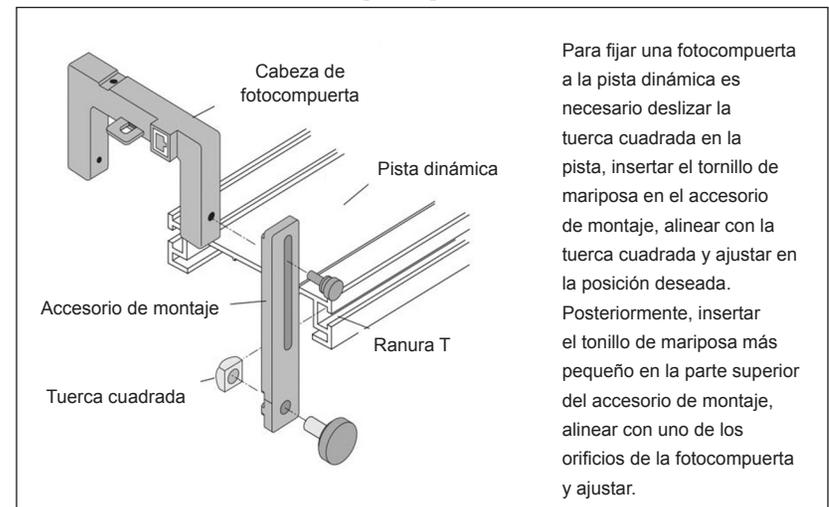
Fuente: Hanks A., Hanks J., Ayars E. & Ogston A. (2004). 1.2 m *Clasic dynamics system*, modelo ME-9429B. Manual y guía experimental No. 012-05035G. PASCO Scientific.

Sensor de movimiento-adaptador para carros-carro dinámico



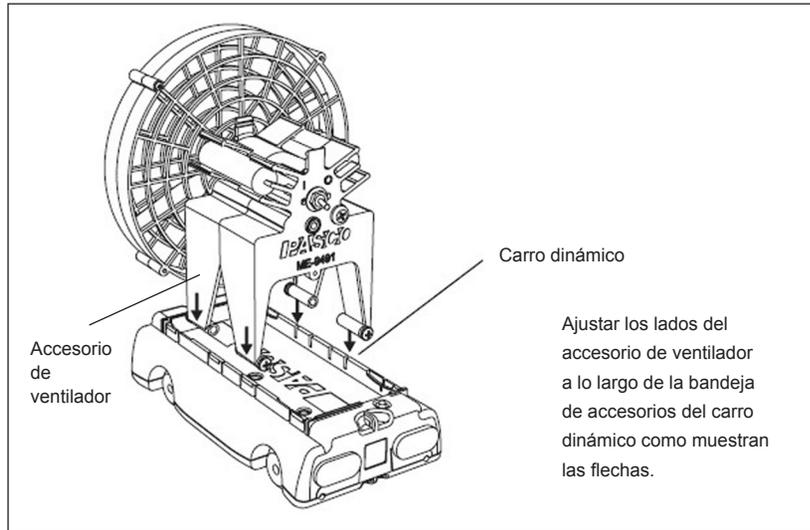
Fuente: *Car adapter accessory*, modelo ME-6743. Hoja de instrucción 012-06877A. PASCO Scientific.

Fotocompuerta-pista dinámica



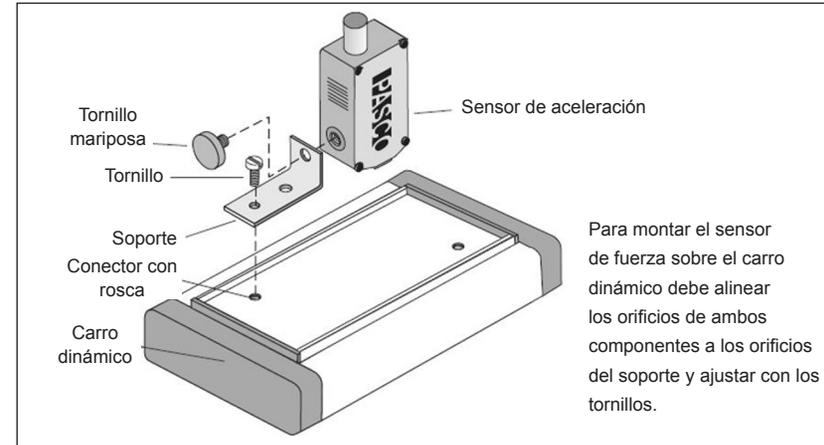
Fuente: *Photogate head*, modelo ME-9498A. Hoja de instrucción 012-06372B, PASCO Scientific.

Carro dinámico-accesorio de ventilador



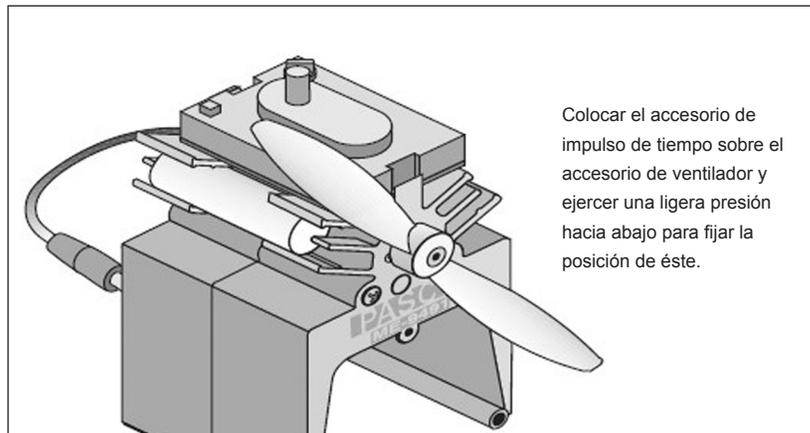
Fuente: Fan accessory, modelo ME-9491. Manual No. 012-06363G. PASCO Scientific.

Carro dinámico-sensor de aceleración



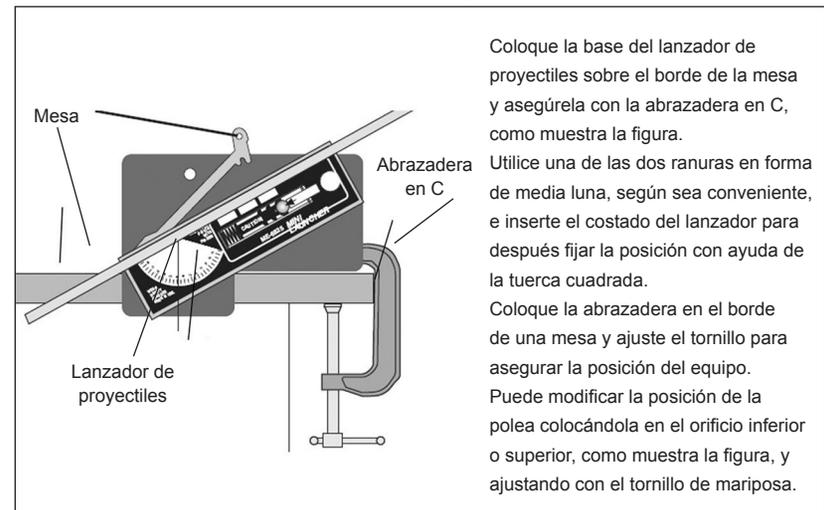
Fuente: Bishop S. (2004). Acceleration sensor, modelo CI-6558. Hoja de instrucción 012-06361. PASCO Scientific.

Accesorio de ventilador-accesorio de impulso de tiempo



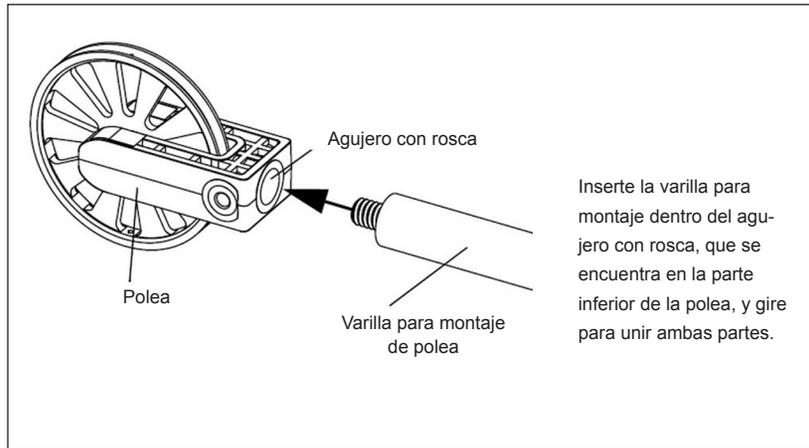
Fuente: Luffman F. (2004). Time pulse accessory, modelo ME-9496. Hoja de instrucción 012-06729C. PASCO Scientific.

Lanzador de proyectiles



Fuente: Projectile launcher, modelo 6800. Manual No. 012-05043G. PASCO SCIENTIFIC.

Polea⁴¹



Fuente: *Super pulley with clamp*, modelo ME-9448B. Hoja de instrucción 012-12537A. PASCO SCIENTIFIC.

CAPÍTULO III

INTRODUCCIÓN EN EL PROGRAMA *DATASTUDIO*

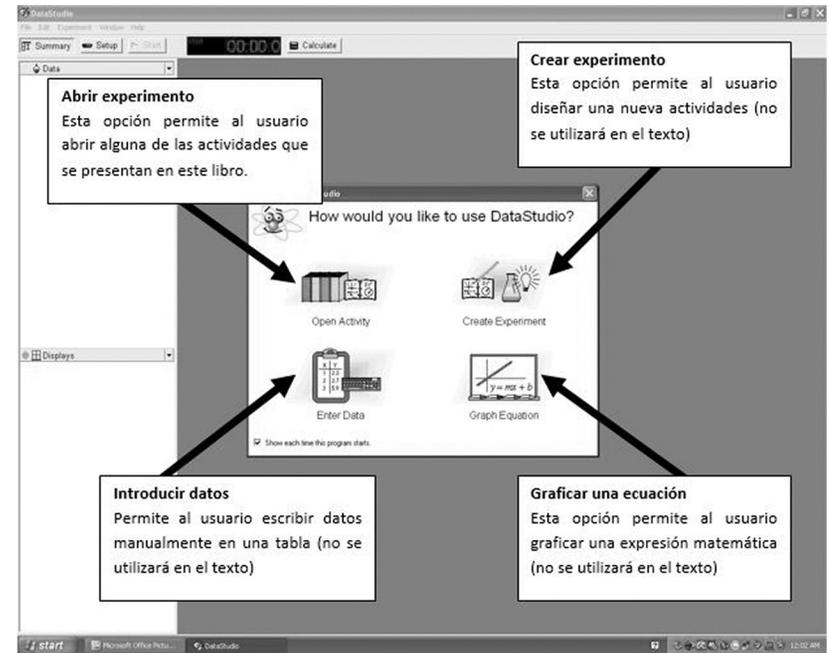
La mayoría de los experimentos en este texto se basan en la captura automatizada de información por medio de sensores electrónicos, los cuales son controlados por la interfaz *ScienceWorkshop 750* de marca PASCO. Este dispositivo trabaja de forma simultánea con el programa *DataStudio*. El cual es una paquetería empleada para la adquisición, despliegue y análisis de datos.

ABRIENDO Y UTILIZANDO *DATASTUDIO*

Este programa lo encontrará instalado en las computadoras del laboratorio A04 de Ecitec, con icono de rápido acceso sobre la carpeta escritorio.



Al abrir *DataStudio* aparecerá la ventana con las siguientes opciones:

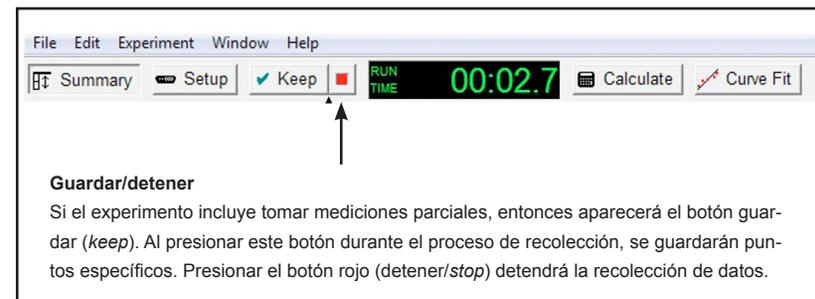
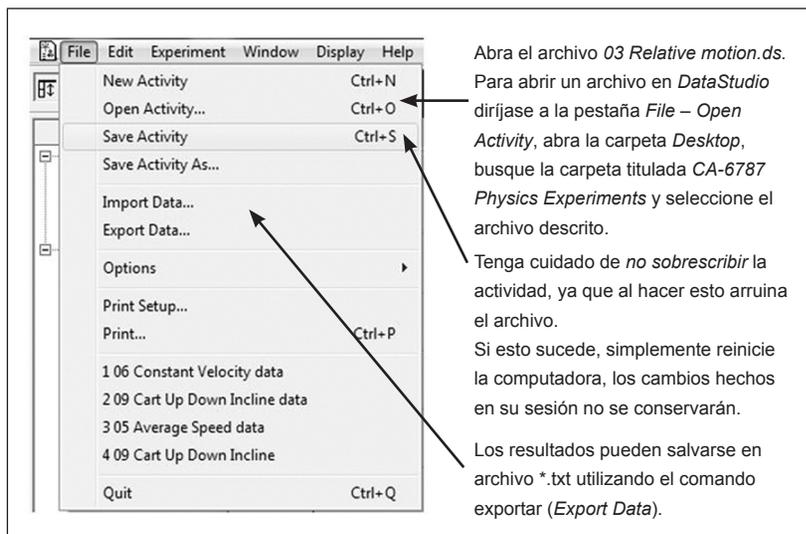
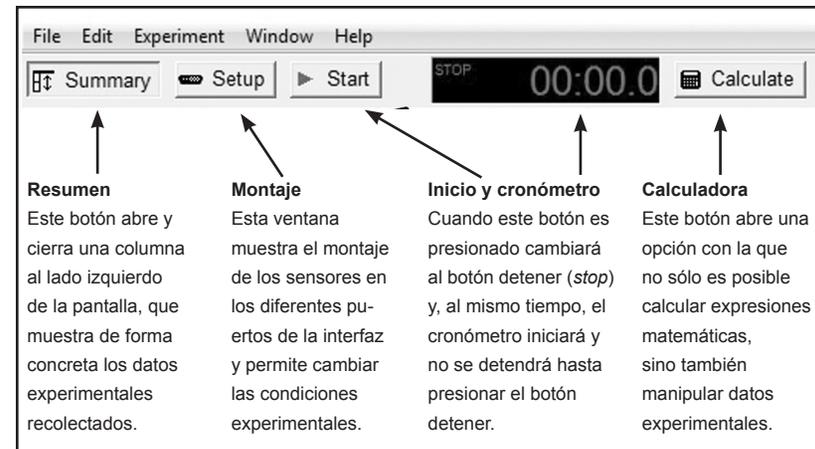


Para mayor información, recomendamos al lector consultar el manual de introducción en *DataStudio*, que encontrará en su versión en inglés en http://pasco.com/file_downloads/product_manuals/DataStudio-Software-Single-User-manual-CI-6870G.pdf. La versión en español la puede localizar en <http://paginas.fisica.uson.mx/laura.yeomans/tc/data-studio-manual.pdf> y <http://www.tecnoedu.com/Download/DataStudioManual.pdf>.

DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA PANTALLA PRINCIPAL

ABRIR EXPERIMENTO (OPEN ACTIVITY)

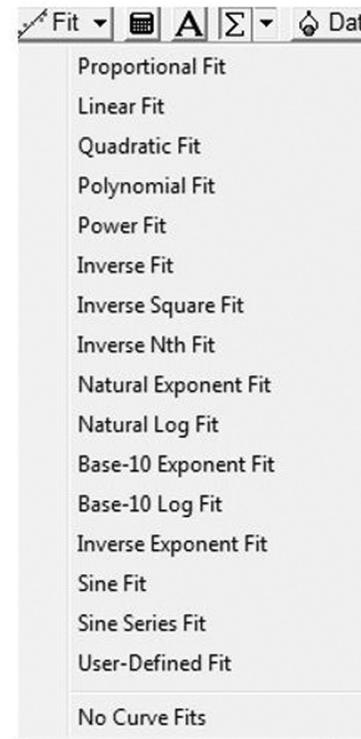
Esta opción permite abrir las diversas actividades que se realizarán en el transcurso del libro. Cada experimento explica detalladamente cómo lograr esto. Por ejemplo, la práctica 1 contiene las instrucciones que aparecen en los recuadros a la derecha. La siguiente ilustración muestra que es posible abrir la actividad utilizando los comandos de las barras.



<p>Escalar (<i>scale to fit</i>) Esta herramienta permite escalar cualquier gráfica, de tal forma que toda la información sea visible en pantalla.</p>	<p>Acercamiento (<i>zoom in, zoom out, zoom select</i>) Estas herramientas permiten cambiar el acercamiento de la gráfica. La herramienta <i>escalar</i> regresará a la óptima visualización.</p>	<p>Estadísticas (<i>statistics tool</i>) Al abrir y cerrar este botón aparecen varias opciones que discutiremos más adelante.</p>	<p>Configuración (<i>display settings</i>) Este botón abre un menú de opciones de configuración de pantalla.</p>
<p>Herramienta inteligente (<i>smart tool</i>) Activa una mira que muestra las coordenadas de un punto gráfico sobre el que pasa. Las coordenadas se muestran entre paréntesis en la esquina superior derecha del pequeño cuadro que aparece junto a la cruz.</p>	<p>Ajuste (<i>fit tool</i>) Al presionar este botón aparecen opciones para ajustar funciones a una curva.</p>	<p>Notas (<i>note tool</i>) Con esta herramienta puede hacer anotaciones en las gráficas.</p>	<p>Seleccionar/quitar datos (<i>select/remove data</i>) Puede consultar datos de forma selectiva mediante este botón (<i>data</i>). Para borrar datos de la pantalla utilice el botón quitar.</p>

HERRAMIENTA DE ESTADÍSTICAS (*FIT TOOL*)

Para ajustar una curva a una serie de datos, seleccione esta opción y aparecerá la ventana que se muestra abajo:

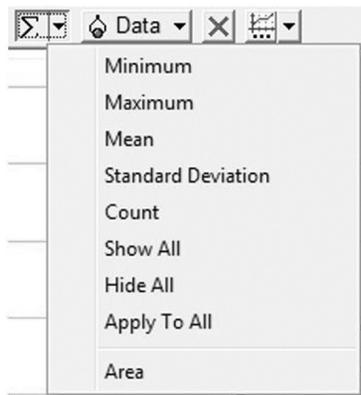


Algunos de los ajustes más usados en el desarrollo de las prácticas son los siguientes:

- Ajuste proporcional (*Proportional Fit*).
- Ajuste lineal (*Linear Fit*).
- Ajuste cuadrático (*Quadratic Fit*).
- Ajuste polinomial (*Polynomial Fit*
- Ajuste senoidal (*Sine Fit*).

HERRAMIENTA DE ESTADÍSTICA (*STATISTICS TOOL*)

En algunos casos, durante los experimentos será necesario hacer algún tipo de manejo estadístico de los resultados graficados. El botón de estadística abre la siguiente ventana. Los resultados aparecerán en un recuadro a la derecha de la gráfica.



- Mínimo (*Minimum*)/máximo (*Maximum*)**
Esta función otorga el valor mínimo/máximo de la curva o de los datos resaltados.
- Valor promedio (*Mean*)**
Al seleccionar esta opción se presenta el valor promedio de la curva o de los datos resaltados.
- Desviación estándar (*Standard Deviation*)**
Esta función muestra el valor estándar de la curva o de los datos resaltados.

En el manual de introducción, que se presentó previamente, puede encontrar más información sobre cada uno de los elementos que se han descrito aquí.

CAPÍTULO IV PRÁCTICAS

En este capítulo se presentan 22 prácticas de laboratorio que satisfacen el contenido temático de la carta descriptiva de la materia de dinámica, la cual se incluye en uno de los apéndices al final de este texto.

Cada práctica se encuentra enumerada progresivamente, y en la primera página incluye un tiempo estimado para su elaboración. Asimismo se subdivide en: objetivo, en donde además de presentar los propósitos de la práctica se incluyen aquellos contenidos temáticos a los cuales apoya la práctica; introducción; equipo y material requerido; montaje del experimento; procedimiento experimental; análisis experimental y una serie de preguntas de apoyo al lector.

Las prácticas 1-6, 11, 14, 16, 19, 20 y 22 consisten en un solo experimento; sin embargo, las prácticas 7-10, 12, 13, 15, 17, 18 y 21 contienen dos experimentos y, en especial, la 9, 12 y 18 presentan un montaje general para la práctica y montaje particular de cada experimento.

La mayoría de éstas se realizan con equipo de captura de datos computarizado; sin embargo, la 6 y la 16 utilizan recursos clásicos para obtener las mediciones.

Es importante mencionar que, a excepción de las prácticas 6, 10 y 16, todas están basadas en las prácticas propuestas por el equipo de laboratorio PASCO y se han traducido y adaptado a las necesidades de la materia.

PRACTICA I

DIN-01. DURACIÓN: 2 HORAS

MOVIMIENTO RELATIVO: MARCO DE REFERENCIA

I. OBJETIVOS

El usuario utilizará el sensor de movimiento para medir el movimiento relativo entre dos carros, con el fin de reforzar algunos de los conceptos presentados en clase, en particular, aquéllos de las secciones 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 y 1.2.6 de la carta descriptiva.

De manera secundaria, los estudiantes se familiarizarán con el material de trabajo (PASCO) y el programa *DataStudio*.

II. INTRODUCCIÓN

Al considerar un cuerpo como *inmóvil* se debe especificar en relación con qué marco de referencia se hace esta aseveración, ya que un objeto puede, efectivamente, no estarse moviendo en relación con dicho marco. Por ejemplo, una piedra no se mueve con respecto al suelo (el marco de referencia para este ejemplo); sin embargo, pudiera estarse moviendo en relación con otro eje referencial como el Sol, ya que la Tierra gira alrededor de éste, y la piedra con ella.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará en el desarrollo de la práctica:

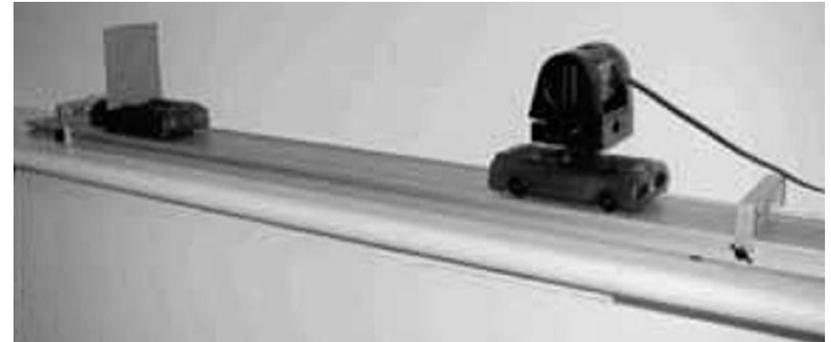
Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Adaptador para carros	ME-6747
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Carro para colisiones	ME-9454
1	Cartón delgado de 10 centímetros por 10 centímetros	—

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la posición que muestre el dibujo de una persona).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *Desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *03 Relative motion.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File-Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.



- El archivo *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad en función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

Nota: La captura de datos se detendrá automáticamente después de tres segundos.

5. Coloque las patas y los toques a la pista dinámica y asegúrese de que se encuentre nivelada.
6. Ajuste el sensor de movimiento en el adaptador y sujete este último al carro dinámico cerciorándose de que el sensor se ubique en 0 grados de inclinación (la inclinación se observa en un costado del sensor). Este carro representará el A.
7. Coloque verticalmente el pedazo de cartón en el segundo carro (utilice su ingenio para lograr esto).

- Presione hacia su primera posición el émbolo del segundo carro y coloque éste en la pista, de tal forma que apenas toque el tope. Este carro representará el B.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Procedimiento 1: El carro B se mueve y el A se encuentra estacionario

- Presione *Start* en *DataStudio* y después empuje ligeramente el carro B, de manera que se mueva hacia el carro estacionario (el A). La captura de datos se detendrá tres segundos después.
- Observe los datos en la gráfica de velocidad contra tiempo.
- Repita el procedimiento tres veces para asegurarse de la consistencia de los datos.

Análisis 1: El carro B se mueve y el carro A se encuentra estacionario

- Con el botón izquierdo del ratón seleccione el segmento de la gráfica que describió el carro B antes de chocar con el A y presione el botón derecho. Aparecerá una ventana con opciones. Elija *Statistics* (estadísticas) para determinar la velocidad máxima del carro A y guarde este dato.

Procedimiento 2: El carro B se mueve hacia el A, y éste se mueve hacia el B

- Coloque los dos carros tal como en el procedimiento anterior.

- Presione *Start* en *DataStudio* y después empuje ligeramente los carros uno contra el otro.

Análisis 2: El carro B se mueve hacia el A, y éste se mueve hacia el B

- Con el botón izquierdo del ratón seleccione el segmento de la gráfica que describió el carro B antes de chocar con el A y presione el botón derecho. Aparecerá una ventana con opciones. Elija *Statistics* (estadísticas) para determinar la velocidad máxima del carro A y guarde este dato.

Procedimiento 3: El carro B se mueve hacia el A, y éste se aleja del B

- Coloque los dos carros tal como en el procedimiento 1.
- Presione *Start* en *DataStudio* y empuje ambos carros uno detrás de otro.

Análisis 3: El carro B se mueve hacia el A, y éste se aleja del B

- Con el botón izquierdo del ratón seleccione el segmento de la gráfica que describió el carro B antes de chocar con el A y presione el botón derecho. Aparecerá una ventana con opciones. Escoja *Statistics* (estadísticas) para determinar la velocidad máxima del carro A y guarde este dato.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

Procedimiento	Valor
1) El carro B se mueve y el A permanece estacionario	Velocidad máxima del carro B =
2) El carro B se mueve hacia el A, y éste se mueve hacia el B	Velocidad relativa de ambos carros =
3) El carro B se mueve hacia el A, y éste se aleja del B	Velocidad del carro B relativa al carro A =

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. En el procedimiento 1, ¿qué significa el signo negativo en el movimiento?
2. En el procedimiento 2, ¿qué tan rápido se mueve el carro B en relación con el suelo? ¿Cómo determino este valor?
3. En el procedimiento 3, ¿qué tan rápido se mueve el carro B con respecto al suelo? ¿Cómo determino este valor?
4. Si usted es un observador inmóvil, ¿qué podría decir sobre la velocidad relativa de un objeto que se mueve hacia usted?
5. Si usted es un observador que se mueve hacia un objeto que a su vez se mueve hacia usted, ¿qué podría decir sobre la velocidad relativa de dicho objeto?
6. Si usted es un observador que se mueve en la misma dirección que un objeto, ¿qué podría decir sobre la velocidad relativa de

éste? ¿Habría una diferencia si usted fuera adelante o atrás del objeto?

7. ¿Qué es lo que nota sobre los signos negativos y positivos en relación con el sensor de movimiento?

PRÁCTICA 2. VELOCIDAD INSTANTÁNEA CONTRA VELOCIDAD PROMEDIO

DIN - 02. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVOS

El propósito de esta actividad es medir la velocidad promedio que recorre un objeto a medida que la distancia recorrida disminuye en cada repetición. Utilizando esta metodología es posible extrapolar la velocidad instantánea en el punto medio de la trayectoria, para reforzar algunos de los conceptos presentados en clase, en particular los temas 1.2.1, 1.2.2 y 1.2.3 de la carta descriptiva.

La práctica tiene como objetivo secundario presentar al usuario un experimento que analiza los resultados a partir de gráficas, para conectar, de esta forma, el análisis gráfico con los conceptos presentados en los diversos cursos de matemáticas.

II. INTRODUCCIÓN

La velocidad promedio es la razón entre la distancia total recorrida y el tiempo que le tomó al objeto recorrerla. Si se quiere avanzar una distancia de 200 kilómetros y se conoce la velocidad promedio —digamos 50 kilómetros por hora—, es muy sencillo calcular el tiempo que tomará hacer el recorrido: cuatro horas. Sin embargo, para un policía no es importante la velocidad promedio: para él tiene mayor importancia la velocidad instantánea medida por su radar, es decir, la velocidad que se tiene en un instante determinado. Se debe pensar ahora: ¿cómo se puede medir la velocidad instantánea? Una metodología, que es la que se usará en esta práctica, es calcular la velocidad promedio en intervalos de distancia cada vez menores. La velocidad promedio se aproximará cada vez más a la instantánea en el punto medio.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Fotocompuerta y cerca	ME-9471 A
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

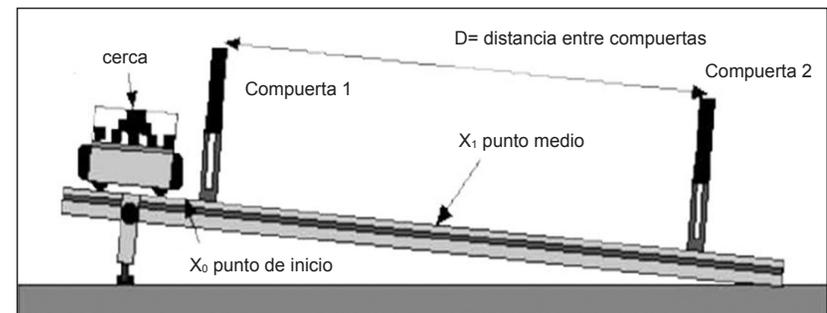
1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe una fotocompuerta en el canal digital 1 de la interfaz, y la segunda fotocompuerta en el canal digital 2.
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *05 Average Speed.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File-Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad promedio contra distancia. También contiene un tabla

que despliega las distancias, tiempo entre compuertas y la velocidad promedio. Las distancias en la tabla corresponden a la separación entre las compuertas para cada prueba del experimento. El cronometraje se coloca en *time between gates* (tiempo entre compuertas).

5. Coloque la pista y eleve uno de los extremos unos centímetros.
6. Marque con un lápiz un punto en el centro de la pista y regístrelo en la tabla de datos como X_1 .
7. Escoja otro punto cerca de la parte superior de la pista. Éste será su punto de inicio; márkelo como X_0 .
8. Coloque la fotocompuerta conectada al canal digital 1 (*compuerta 1*) en la parte superior a cero centímetros del punto X_1 . Coloque la fotocompuerta conectada al canal digital 2 (*compuerta 2*) a 40 centímetros del punto X_1 en la parte inferior.
9. Coloque la cerca en la bandeja superior del carro, de tal forma que la barra sólida bloquee el rayo de la fotocompuerta cuando el carro se deslice.
10. Ponga el carro en la pista y ajuste la altura de las compuertas, de tal forma que el rayo sea bloqueado por la cerca.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

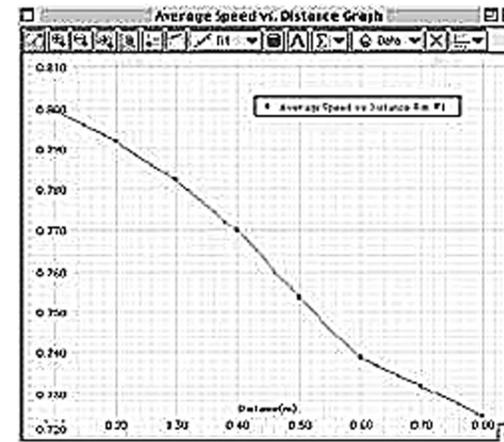
1. Asegúrese de que la distancia total (D) entre los centros de las dos fotocpuertas sea el primer valor del siguiente cuadro:

Experimento	Distancia D (m)
1	0.80
2	0.70
3	0.60
4	0.50
5	0.40
6	0.30
7	0.20
8	0.10

2. Coloque el carro en la posición de inicio.
3. Comience la recolección de datos presionando *Start* en *DataStudio*.
4. Libere el carro para que ruede sobre la pista. El cronometraje inicial es el momento en que la fotocpuerta es tapada.
5. Después de que el carro pasa por la segunda fotocpuerta, presione *keep* para guardar el primer valor de la distancia junto con el *tiempo entre las compuertas*.
 - La *velocidad promedio* se calcula automáticamente con base en el valor de la distancia y el *tiempo entre las compuertas*.
6. Para la siguiente repetición mueva cada fotocpuerta cinco centímetros más cerca al punto X_1 . Asegúrese de que cada compuerta esté equidistante del punto X_1 .

Nota: Tenga cuidado en no interrumpir el haz de las fotocpuertas.

7. Repita el proceso de guardado de datos para los valores de las distancias que se muestran en el cuadro anterior.
8. Termine el proceso de guardado de datos presionando el botón *Stop* en *DataStudio*. La información obtenida aparecerá como *Run #1*.
9. Expanda la tabla *Distance and Time* de manera que cubra toda la pantalla. Presione el botón *Calculate*, que se encuentra a un costado del cronómetro, y aparecerá una ventana nueva llamada *Calculator*. Presione *Accept* y observará que aparece una curva en la ventana de la gráfica *Average Speed vs. Distance Graph*.



VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Escale la gráfica de velocidad promedio contra distancia, de tal forma que toda la información sea visible en la pantalla.

2. En *DataStudio*, presione *Fit* y seleccione *Quadratic*. Aparecerá un recuadro titulado *Quadratic Fit*.
3. En este recuadro aparecen los valores A , B y C , asociados a la ecuación general de segundo grado $Ax^2 + Bx + C$, para el mejor ajuste de los datos de *Run #1*.
4. Guarde los valores B y C , ya que el primero es el valor de la velocidad inicial, mientras que C es el de intersección con el eje Y .
No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

Preguntas

1. Escriba el valor de la pendiente encontrada. Éste es el valor de la velocidad inicial.
Velocidad inicial B : _____ m/s.
2. ¿Cuál es la relación del valor de C y la velocidad instantánea del carro en el punto medio X_1 ?
3. ¿Cuál de las velocidades promedio calculadas considera usted que se asemeja más a la velocidad instantánea del carro en el punto medio X_1 ?
4. ¿Qué factores (veracidad de la medición, carro, liberación del objeto o tipo de movimiento) influyen en los resultados obtenidos? Discuta cada uno de éstos.
5. ¿Existe alguna manera de medir la velocidad instantánea directamente, o siempre es algo que tiene que ser derivado de mediciones de la velocidad promedio?

PRÁCTICA 3. VELOCIDAD DE UN CARRO MOTORIZADO

DIN - 03. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVO

El propósito de esta actividad es analizar el movimiento rectilíneo uniforme (velocidad constante) tal como es presentado en las secciones 1.2.1-1.2.3 de la carta descriptiva.

Como objetivo secundario, el estudiante continuará su análisis gráfico de resultados experimentales, verificando, de esta forma, los resultados experimentales contra los resultados teóricos aprendidos en clase.

II. INTRODUCCIÓN

Aun cuando el significado de velocidad constante es bastante claro (una velocidad que no cambia su magnitud), la representación gráfica de esta velocidad involucra muchos conceptos fundamentales

de cinemática. La pendiente de la curva obtenida al describir la posición de una partícula como función del tiempo será la velocidad. La posición al iniciar la medición se puede obtener con la intersección de la curva con el eje Y . El signo de la pendiente nos indica la dirección de movimiento del objeto.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará en el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro motorizado	ME-9781
4	Baterías C	–

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

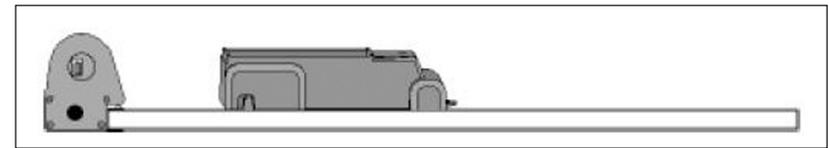
1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la posición que muestre el dibujo de un caró).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *06 Constant Velocity.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* dirijase a la pestaña *FileOpen Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito. El archivo de *DataStudio* contiene una gráfica de la posición como función tiempo. El sensor iniciará la captura de datos cuando el objeto se encuentre a 25 centímetros, y se detendrá a 100 centímetros de distancia. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).
5. Coloque las patas a la pista dinámica y asegúrese de que ésta se encuentre nivelada, tal como se ve en la figura.
6. Asegure el sensor de movimiento en un extremo de la pista y verifique que el sensor se encuentre en cero grados

de inclinación (esta medida se observa en un costado del sensor).

7. Ponga el carro motorizado a 15 centímetros del sensor de movimiento de tal forma que su parte trasera esté frente al sensor.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Presione *Start* en *DataStudio*.
2. Encienda el interruptor en la parte superior del carro. La adquisición de datos comienza automáticamente cuando el carro se encuentra a 25 centímetros del sensor, y se detiene de forma automática cuando está a 100 centímetros.
3. Apague el carro y colóquelo de nuevo en el inicio.
Nota: No permita que el carro se golpee.
4. Ajuste la velocidad del carro y repita el experimento dos veces más (pa un total de tres). Note la diferente inclinación de las rectas (pendiente m) en la gráfica.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Expanda la gráfica de velocidad promedio contra distancia, de tal forma que toda la información sea visible en la pantalla.

- Presione *Run #1* en la leyenda de la gráfica para seleccionar el primer conjunto de datos. Examine las unidades y variables de los ejes.
- Para hacer un ajuste lineal, presione *Fit* en la barra de la gráfica y seleccione *Linear*. Aparecerá *Y Intercept* en la ventana de *Linear Fit*.
- En el recuadro que aparece después de hacer el ajuste y que presenta el texto *Linear Fit* encontrará el valor de la pendiente m (*slope*) y b (*Y Intercept*).
- Guarde el valor de m y b para el primer experimento (*Run #1*).
- Repita el proceso de análisis para los otros experimentos.

Experimento	Pendiente	b
1		
2		
3		

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

- ¿Qué se muestra en el eje vertical de su gráfica y cuáles son sus unidades?
- ¿Qué se muestra en el eje horizontal de su gráfica y cuáles son sus unidades?
- ¿Por cuánto tiempo se movió el carro motorizado en cada experimento?

Experimento	Tiempo de movimiento (s)
1	
2	
3	

- Las condiciones automáticas de arranque y detención fueron las mismas para cada experimento. Entonces, ¿por qué el tiempo de movimiento es diferente en cada experimento?
- ¿Qué cantidad física representa la pendiente?
- ¿Cuáles son las unidades de la pendiente para cada curva?
- ¿Qué cantidad física representa *Y Intercept*?
- Utilizando la relación $y = mx + b$ escriba una ecuación para cada curva de su gráfica. Incluye tanto unidades y constantes para la pendiente y *Y Intercept*.

Experimento	Ecuación ($y = mx + b$)
1	
2	
3	

- Conociendo las cantidades físicas representadas por la pendiente y de *Y Intercept*, ¿qué variables podría poner en lugar de y , m y b para describir específicamente el movimiento del carro?

PRÁCTICA 4. VELOCIDAD Y ACELERACIÓN CONSTANTES

DIN - 04. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

La finalidad de esta actividad es investigar y hacer una comparación entre el movimiento rectilíneo uniforme (MRU-velocidad constante) y el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA-aceleración constante).

El estudiante aprenderá a leer e interpretar gráficas de posición contra tiempo, en particular aquellas que reflejen el MRU y MRUA, y mediante un análisis de los resultados identificará —por el tipo de la curva dependiente del tiempo— el tipo de movimiento que se representa.

Los temas que se discuten en esta práctica son aquellos que se presentaron en los temas 1.2.1-1.2.4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Si se es capaz de describir la posición de un objeto como función del tiempo [$x(t)$], entonces es muy sencillo calcular su velocidad instantánea, ya que está dada por la primera derivada de la función de posición, es decir, $v(t) = dx/dt$. Se puede recordar que la derivada es la pendiente de una curva. Por lo tanto, gráficamente, la velocidad es la pendiente de la curva de la posición.

De forma similar, si $v(t)$ es la velocidad como función del tiempo, entonces la aceleración de un objeto está dada por la primera derivada de la velocidad con respecto al tiempo, es decir, $a(t) = dv/dt$. Por lo tanto, la aceleración es la pendiente de la curva de la velocidad.

III. EQUIPO REQUERIDO

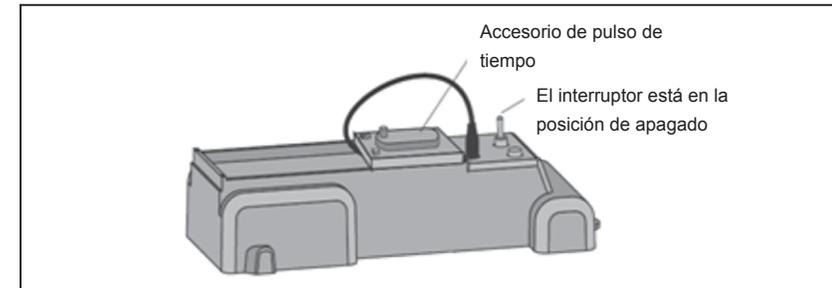
En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
2	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Carro motorizado	ME-9781
2	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Accesorio de ventilador	ME-9491
2	Accesorio de pulso de tiempo	ME-9496
2	Baterías AA	–
4	Baterías C	–

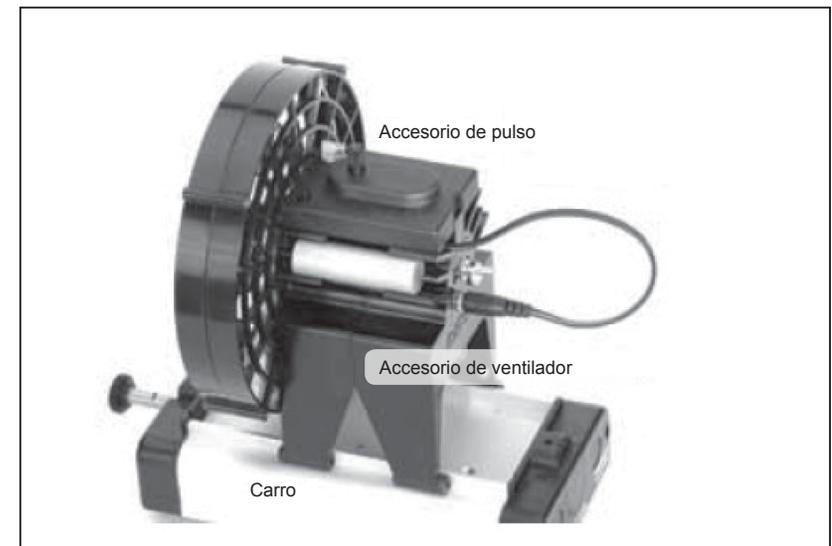
IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora. Enchufe ambos sensores de movimiento en la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente, para el primer sensor, y las entradas digitales 3 y 4 para el segundo. Verifique que ambos sensores de movimiento se encuentren en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la posición que muestre el dibujo de un carro).
2. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.



3. Abra el archivo *07 Vel and Acc.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.



4. El archivo de *DataStudio* contiene una gráfica de posición contra tiempo, en donde se presentarán dos curvas: una muestra el movimiento del carro motorizado, y la otra, el movimiento del carro con el accesorio de ventilador. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

Nota: La captura de datos se detendrá automáticamente después de cinco segundos.

5. Coloque las pistas en la mesa con al menos 30 centímetros de separación e inserte un sensor de movimiento en el extremo de las pistas.
6. Inserte las baterías en la base del ventilador y coloque las varas de metal en las otras dos ranuras (dos baterías hacen que el ventilador funcione a baja velocidad).
7. Coloque el accesorio de ventilador en la parte superior del carro dinámico y sobre este último coloque el accesorio de pulso de tiempo. Configure para que el ventilador se encienda durante cuatro segundos.
8. Coloque el ventilador 15 centímetros adelante del sensor de movimiento en una de las pistas. Asegúrese de que el carro con el ventilador se alejará del sensor cuando el accesorio de pulsos se encienda.
9. Asegure el segundo sensor de pulsos en la parte superior de un carro motorizado. Configure el sensor para que el motor se prenda durante cuatro segundos.
10. Coloque el carro motorizado 15 centímetros enfrente del sensor de movimiento en la segunda pista. Asegúrese de que

el carro motorizado se alejará del sensor cuando el sensor de pulsos se inicie.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los carros y otra opera la computadora.

1. Presione el interruptor en ambos accesorios de pulso. Antes de que el carro comience a moverse existe un conteo de dos segundos.
2. Presione *Start* en *DataStudio*. La captura de datos se detendrá automáticamente.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Expanda la gráfica de velocidad promedio contra distancia, de tal forma que toda la información sea visible en la pantalla.
2. Presione *Run #1* en la leyenda de la gráfica para seleccionar el primer conjunto de datos. Examine las unidades y variables de los ejes.
3. Decida si este primer conjunto de datos es una curva o una recta. Presione *Fit* en la barra de la gráfica y seleccione *Linear* o *Quadratic*, según considere adecuado.
4. Para el segundo conjunto de datos presione *Run #2* y repita el paso anterior.
 - Para el caso del ajuste lineal aparecerá un recuadro en donde se muestra la pendiente (*m slope*) y el valor de *b* (*Y Inter-*

cept). Para el ajuste cuadrático se presentan en el recuadro las variables A , B y C .

5. Examine el despliegue de la gráfica y utilice los resultados para contestar las siguientes preguntas.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Qué carro se estaba moviendo aproximadamente a velocidad constante? ¿Cuál era la velocidad aproximada de dicho carro?
2. ¿Existe un momento en el que los carros se rebasan? Si la respuesta es sí, diga cuándo.
3. Examine el punto de la gráfica cuando las dos gráficas se cruzan. ¿Qué carro iba más rápido en ese momento? ¿Cómo puede saber esto? Explique.
4. ¿Qué curva se ajusta mejor a cada uno de los datos?
5. Para la curva con el ajuste lineal, ¿qué significan, en contexto del movimiento, la pendiente (*slope*) y b (*Y Intercept*)?
6. Los valores A , B y C que aparecen en el ajuste cuadrático, ¿qué significado conllevan?
7. ¿Cuál es la diferencia entre los movimientos del carro motorizado y del carro con el ventilador?

PRÁCTICA 5. ACELERACIÓN CONSTANTE

DIN - 05. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVO

El propósito de esta práctica es estudiar la relación entre posición, velocidad y aceleración en el movimiento rectilíneo. El estudiante utilizará un sensor de movimiento para medir el movimiento acelerado de un carro con un ventilador. Los resultados obtenidos serán analizados gráficamente, para lo cual se podrán aplicar conceptos de cursos de matemáticas y otros conceptos vistos durante el curso, en particular aquellos presentados en los temas 1.2.1, 1.2.2 y 1.2.4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

La aceleración (a) se define como:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

en donde v es la velocidad. Para una aceleración constante, integrando la ecuación anterior se obtiene:

$$\int_{v_0}^v dv = a \int_{t_0}^t dt \rightarrow v = v_0 + a(t - t_0) \quad (2)$$

donde v_0 es la velocidad inicial, al tiempo t_0 . Recordando que la velocidad se define como:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

en donde x es la posición del objeto. Sustituyendo esta ecuación en 2 se obtiene que:

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0}^t [v_0 + a(t - t_0)] dt \rightarrow x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \quad (4)$$

donde x_0 es la posición inicial. Note que si x_0 y v_0 son cero la ecuación es una parábola.

Si se combinan las ecuaciones 1 y 2 se encuentra que la aceleración es la segunda derivada temporal de la posición

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at = v \quad (5)$$

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

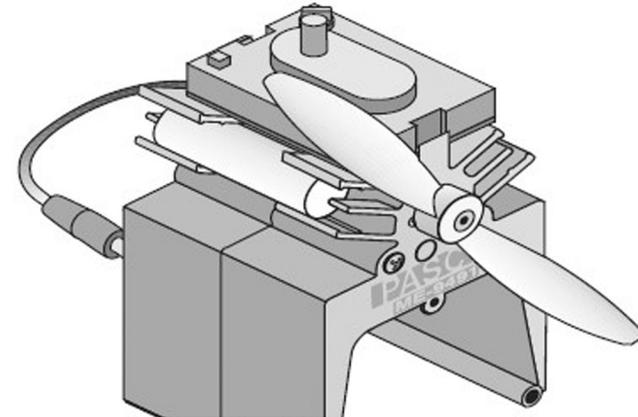
Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Accesorio de ventilador	ME-9491
2	Baterías AA	—

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el orden siguiente: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la posición que muestre el dibujo de un carro).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

4. Abra el archivo *08 Fan Cart.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* tiene una gráfica de la posición, velocidad y aceleración contra tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.



5. Inserte las baterías en la base del ventilador y coloque las varas de metal en las otras dos ranuras (dos baterías hacen que el ventilador funcione a baja velocidad). Coloque el accesorio de ventilador en la parte superior del carro dinámico.

- Coloque el carro con el ventilador en una de las pistas a 15 centímetros en frente del sensor de movimiento. Asegúrese de que el carro se alejará del sensor una vez que el ventilador esté encendido.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los carros y otra opera la computadora.

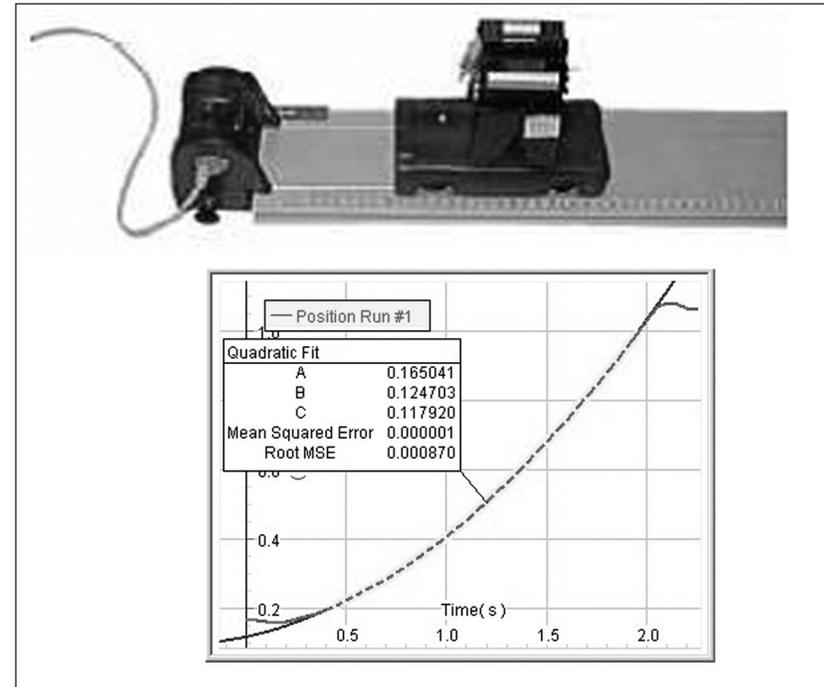
- Encienda el ventilador.
- Presione *Start* en *DataStudio* y libere el carro de tal forma que el ventilador lo aleje del sensor.
- Presione *Stop* cuando el carro haya llegado al final de la pista y apague el ventilador.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

- Expanda la gráfica de tal forma que toda la información sea visible en la pantalla.
- Examine el despliegue de la gráfica y utilice los resultados para contestar las siguientes preguntas:

Cómo encontrar la aceleración de la gráfica de posición contra tiempo

- Presionando con el botón izquierdo del ratón subraye una parte de la gráfica de posición.



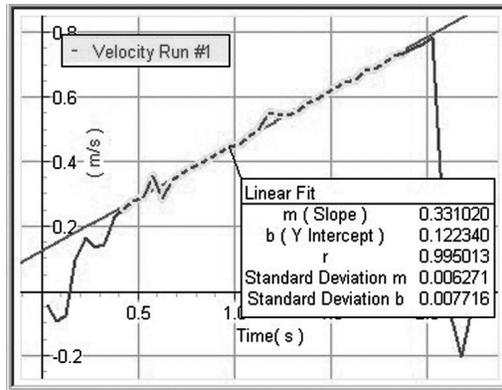
- Presione en el menú *Fit* (ajuste) y seleccione *Quadratic Fit* (ajuste cuadrático).

El coeficiente A es el del término cuadrado en la fórmula de ajuste. Anote dicho valor.

$A =$

Cómo encontrar la aceleración de la gráfica de velocidad contra tiempo

- Subraye una parte de la gráfica de posición.



- Presione en el menú *Fit* (ajuste) y seleccione *Linear Fit* (ajuste lineal).

El coeficiente m es el valor de la pendiente. Anote dicho valor, el cual es la pendiente.

$$m = \underline{\hspace{2cm}}$$

Compare los valores de la aceleración

- Multiplique el valor de A por dos para obtener la aceleración con base en la posición contra el tiempo. Guarde el valor. Compárelo con el obtenido mediante la pendiente (m) de la gráfica de velocidad contra tiempo.

$$2 \times A = \underline{\hspace{2cm}}$$

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

VERIFICACIÓN

Calcule el porcentaje de diferencia de los valores de aceleración:

$$\%dif = \frac{\text{Aceleración de la gráfica de posición contra tiempo}}{\text{Aceleración de la gráfica de velocidad contra tiempo}} \times 100\%$$

PREGUNTAS

- ¿Qué forma tiene la gráfica de la posición en función del tiempo?
- ¿Qué forma tiene la gráfica de la velocidad en función del tiempo?
- En este análisis se utilizó una representación gráfica de cómo la posición y la velocidad se relacionan con la aceleración constante de un objeto. ¿Qué descubrió?
- ¿Los resultados soportan las ideas que tenía antes?

PRÁCTICA 6. CAÍDA LIBRE I

DIN - 06. DURACIÓN: DOS HORAS

$$F = G \frac{m_t m}{r_t^2}, \quad (6)$$

I. OBJETIVO

El objetivo de este experimento es estudiar y verificar las ecuaciones de caída libre presentadas en el curso, en particular, aquellas que se estudian en los temas 1.2.1 y 1.2.4 de la carta descriptiva.

Secundariamente, el estudiante aprenderá a refinar su técnica experimental para reducir el error inherente a cualquier medición.

II. INTRODUCCIÓN

El ejemplo más consistente y antiguo de aceleración constante es el de la aceleración de la gravedad. Ésta es causada por la presencia del campo gravitatorio terrestre, que para los cuerpos tiene como efecto la presencia de una fuerza gravitacional, descrita por:

en donde $G = 6.67384 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ S}^{-2}$ es la constante gravitacional, $m_t = 5.97219 \times 10^{24} \text{ kg}$ es la masa de la tierra, m la masa del objeto en caída libre y $r_t = 6\,371\,000 \text{ m}$ es el radio terrestre promedio, es decir la distancia que separa al objeto del centro de masa del planeta.

Como se observa, la fuerza de atracción de la tierra presenta tres constantes, por lo que podemos reescribir la ecuación (6) como:

$$F = m \frac{G m_t}{r_t^2}, \quad (7)$$

en donde, después de un análisis dimensional, encontramos que $\frac{G m_t}{r_t^2}$ tendrá unidades de aceleración $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ con un valor de $g \approx 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ alrededor de que de aquí en adelante conoceremos como el valor constante de la aceleración de la gravedad sobre la superficie terrestre.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
3	Cronómetro	–
1	Flexómetro	–
3	Pelota de tenis	–

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Elija un lugar alto de donde pueda dejar caer la pelota (en Ecitec se recomienda utilizar el balcón del tercer piso del edificio A, ya que el tráfico de gente es menor y se encuentra cerca del laboratorio A04).
2. Mida la altura (h) desde el punto donde deja caer la pelota hasta el punto donde ésta caerá.
3. Utilizando esta altura, la aceleración de la gravedad ($g = 9.81 \frac{m}{s^2}$) y suponiendo que dejara caer la pelota ($v_0 = 0 \frac{m}{s}$), calcule el tiempo que tomará a la pelota caer al suelo $t_i = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Guarde y nombre a este valor tiempo teórico (t_i).
4. Divida a su equipo en tres partes. Cada subequipo será responsable de las tareas enumeradas a continuación:
 - a) El primero estará en el balcón, dejará caer la pelota y tomará el tiempo.
 - b) El segundo estará a nivel del suelo y tomará el tiempo con dos cronómetros.

c) El último equipo tendrá la responsabilidad de dar la señal de salida, asegurándose de que nadie sea golpeado por la pelota.

Nota: Debe tomar las debidas precauciones durante el desarrollo de la práctica; cualquier incidente será castigado estrictamente.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. A la señal de alguno de los integrantes deje caer la pelota e inicie los tres cronómetros. Éstos se detendrán al golpear la pelota con el suelo.
2. Compare los tiempos de los tres cronómetros (t_1 , t_2 y t_3) con el tiempo teórico (t_i). Si cualquiera de los tres tiempos difieren en 5% con el tiempo teórico, deseche los resultados y repita la medición. Esto forzará al equipo a mejorar su procedimiento experimental.
3. Repita hasta obtener 10 mediciones.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Anote los resultados obtenidos en la tabla de que se presenta más adelante. Para cada repetición encuentre el valor promedio del tiempo (t_p).
2. La aceleración teórica (a_i) es la aceleración de la gravedad calculada previamente ($g = 9.81 \frac{m}{s^2}$).
3. Calcule la aceleración experimental utilizando la relación $a_e = \frac{2h}{t_p^2}$.

	t_i	t_1	t_2	t_3	t_p	a_t	a_e	Porcentaje de diferencia
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la diferencia entre la aceleración teórica (a_t) y el valor experimentado que se encontró (a_e)?

$$\% \text{ de diferencia} = \left| \frac{a_e - a_t}{a_t} \right| \times 100\%$$

2. ¿Cuántas repeticiones fueron necesarias antes de cumplir el requisito de 5% de diferencia entre el tiempo teórico y el experimental?
3. Bajo la experiencia obtenida, ¿cuáles son los errores más típicos en el procedimiento experimental que utilizaron?
4. ¿Cómo considera que se pudieran mejorar las mediciones realizadas?

PRÁCTICA 7. ACELERACIÓN CONSTANTE EN UN PLANO INCLINADO

(DIN - 07. DURACIÓN: DOS HORAS)

I. OBJETIVO

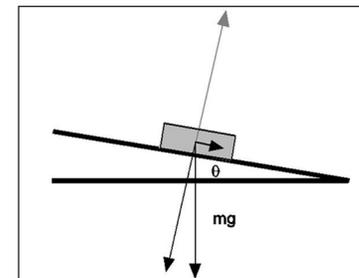
Se desea ilustrar la descomposición vectorial de la aceleración de la gravedad para un cuerpo que se desliza en un plano inclinado y, con estos resultados, analizar otra metodología para verificar la aceleración constante de la gravedad. En particular, se estudiará la relación entre posición, velocidad y aceleración en el movimiento rectilíneo de un carro mientras se desliza sobre un plano inclinado. Esta práctica consiste en dos experimentos, los cuales verificarán los temas 1.2.1-4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Si un objeto se mueve en un plano inclinado de ángulo θ con la horizontal, tal como se muestra en la figura, la fuerza de la grave-

dad —el peso (mg)—, de acuerdo con el eje referencial del plano inclinado, puede ser descompuesta en una fuerza perpendicular y en una paralela a la superficie del plano.

Mediante una descomposición trigonométrica se observa que la fuerza perpendicular está dada por $mg\cos\theta$, mientras que la componente paralela será $mg\sin\theta$, donde m es la masa del cuerpo y g es la aceleración debida a la gravedad. La aceleración del cuerpo debe ser $a = g\sin\theta$, tanto cuando sube o baja del plano inclinado.



Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual usted encontrará dos descripciones completas acerca del montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de aceleración	CI-6558
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430
2	Barra de 45 centímetros	ME-8736
1	Base universal grande	ME-8735
1	Abrazadera doble	ME-9873
1	Cinta métrica	SE-8712

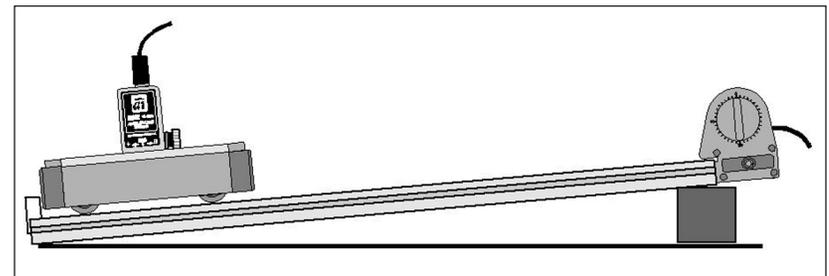
EXPERIMENTO I: ACELERACIÓN CONSTANTE

MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de una persona).
3. Conecte el sensor de aceleración al canal análogo de la interfaz.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Nota: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir DataStudio. Si usted no sigue este orden, la opción Start permanecerá inhabilitada.

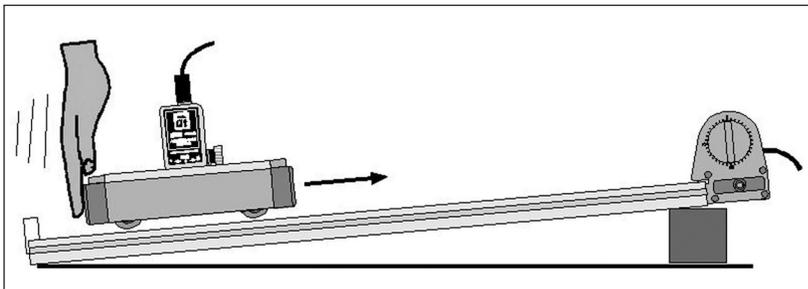
5. Abra el archivo *09 Cart Up Down Incline.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* tiene una gráfica de la posición, velocidad y aceleración contra tiempo, una gráfica de velocidad y aceleración contra posición, y un despliegue del sensor de aceleración. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 10 hertz (10 muestras por segundo) para el sensor de movimiento y a 50 hertz para el sensor de aceleración (50 muestras por segundo).
6. Coloque la pista sobre una superficie horizontal. Utilice la base y varilla para elevar un extremo.
7. Sujete el sensor de movimiento en la parte elevada de la pista. Con un lápiz ponga una marca a 15 centímetros del sensor de movimiento.
8. Coloque el indicador de ángulos en la pista.
9. Monte el sensor de aceleración sobre el carro y verifique que el montaje del equipo sea como el que se observa en la siguiente figura.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja el carro y otra opera la computadora.

1. Coloque el carro en la parte inferior de la pista.
2. Presione *Start* en *DataStudio* y dé un firme empujón hacia el sensor de movimiento.
3. Presione *Stop* cuando el carro haya llegado a la parte inferior de la pista.
4. Una vez que haya concluido el experimento, modifique la altura y repita el experimento presionando el botón *Tare* del sensor de aceleración antes de cada repetición. Haga esto para tres alturas diferentes.
5. Para repetición realice el análisis de los datos experimentales que se presenta a continuación.

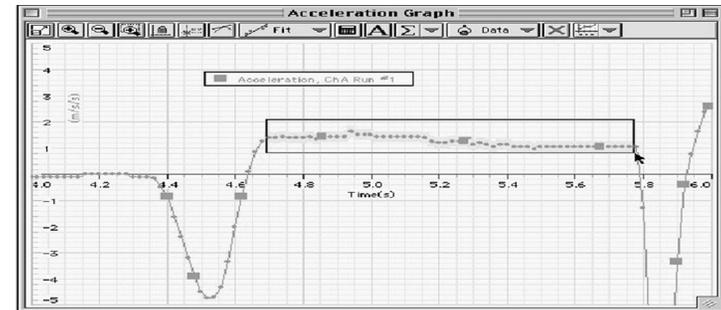


VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. En la gráfica de velocidad generada por el sensor de movimiento seleccione la región de la gráfica que muestra el mo-

vimiento del carro después del empujón y antes de que se detenga en la parte inferior. Arrastre el cursor para encuadrarla.

2. En el menú *Fit* seleccione la opción *Linear* (lineal). La pendiente del mejor ajuste será la aceleración promedio. Guarde este valor en la tabla de datos.
3. En la gráfica de la aceleración del sensor de aceleración seleccione la región de la gráfica que corresponde al movimiento del carro después del empujón y antes de que se detenga en la parte inferior. Arrastre el cursor para encuadrarla.



4. Para la región seleccionada utilice la herramienta *Statistics* (estadísticas) para encontrar el valor medio de la aceleración tal como fue medido por el sensor de aceleración, y guarde este valor en la tabla de datos.

Nota: La herramienta *Statistics* (estadísticas) la puede localizar presionando el botón derecho de su ratón. Luego aparecerá un menú. Seleccione ahí *Statistics* y guarde el valor medio de la aceleración en la tabla de datos.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. Escriba en el siguiente cuadro los datos obtenidos del experimento:

Medición	Repetición #1	Repetición #2	Repetición #3
Aceleración (pendiente)			
Aceleración (promedio)			

2. Describa la gráfica de la posición en función del tiempo. ¿Por qué la distancia tiene un valor máximo y disminuye a medida que el carro sube el plano inclinado?
3. Describa la gráfica de la velocidad contra el tiempo.
4. Describa la gráfica de la aceleración contra el tiempo.
5. ¿Cómo se comparan los valores de la aceleración calculada del promedio de la pendiente de la curva de velocidad contra tiempo con respecto a la obtenida de la gráfica de la aceleración?
6. ¿Cómo se comparan las aceleraciones para las tres alturas? Explique el porqué de sus resultados.

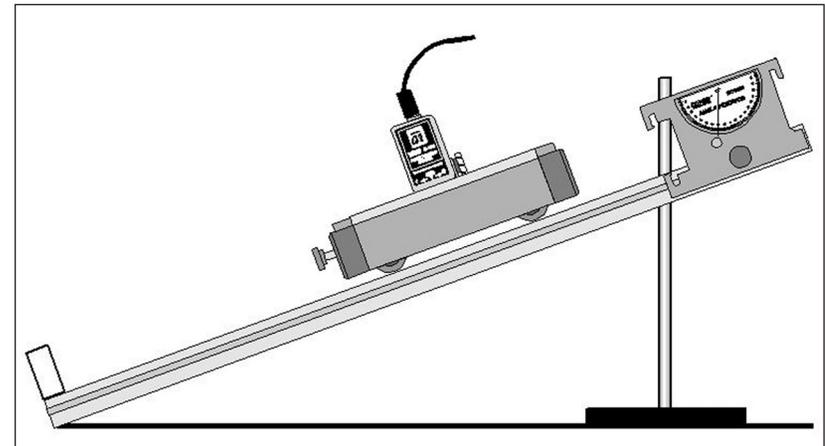
EXPERIMENTO 2: ÁNGULO VARIABLE

VII. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Siga los pasos 1, 3 y 4 del montaje del experimento anterior.
2. Abra el archivo de *DataStudio*: *10 g sin theta.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open*

Activity, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo de *DataStudio* tiene una gráfica que despliega la aceleración contra el tiempo, una tabla que muestra la aceleración y $\sin(\theta)$, y una gráfica que presenta la aceleración contra $\sin(\theta)$. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 50 hertz (50 muestras por segundo).
3. Sujete el sensor de aceleración en el carro. Configure a *Sensor Response* y coloque en *Slow*.
 4. Ponga la pista sobre una superficie horizontal y utilice la base y la varilla para elevar un extremo 20 centímetros, que deberán medirse a partir de la base superior de la pista.
 5. Sujete el indicador angular en la parte elevada de la pista.
 6. Con un lápiz, haga una marca en la parte superior de la pista. Éste será su punto de partida para cada una de las repeticiones.



VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los carros y otra opera la computadora.

1. Determine el ángulo de la pista. Utilice el indicador de ángulos o mida la altura y la longitud de la pista (también puede utilizar su celular si tiene el programa adecuado).
2. Coloque el carro en el punto de inicio del plano inclinado. Presione *Tare* en el sensor para calibrarlo.
3. Oprima *Start* en *DataStudio* y suelte el carro.
4. Atrape el carro cuando llegue a la parte inferior de la pista y detenga la recolección de datos.
5. Vea la sección “Datos experimentales” antes de proseguir.
6. Baje cuatro centímetros la parte inclinada de la pista.
7. Repita el procedimiento para la nueva altura, así como los pasos 1 al 6 hasta que la altura sea de cuatro centímetros.

DATOS EXPERIMENTALES

La primera parte del análisis de los datos experimentales consiste en seguir los siguientes pasos para cada altura:

1. Determine el seno del ángulo y guarde el valor en la tabla dada al final de este procedimiento.
2. En la gráfica, presionando y arrastrando el cursor, seleccione la sección de los datos que corresponden al movimiento del carro en la pista.
3. Utilice la herramienta de análisis para determinar el promedio (*Mean*) de la aceleración. En *DataStudio*, seleccione el menú de estadísticas (*Statistics Menu*) y seleccione *Mean*.

4. Escriba en la tabla el valor del seno del ángulo y la aceleración promedio para el ángulo particular.
5. Para la segunda parte del análisis, utilice la gráfica de aceleración contra $\text{sen}(\theta)$.
6. Encuentre la pendiente y el valor donde se dé el mejor ajuste de la curva corta al eje y (*Y Intercept*). Puede presionar el valor de ajuste (*Fit*) y seleccionar *Linear*.
7. Guarde el valor de la pendiente (*m*), que será la aceleración debida a la gravedad (*g*).

Experimento	Altura de la pista (centímetros)	Ángulo θ	Sen(θ)	Aceleración (m/s^2)
1	20			
2	16			
3	12			
4	8			
5	4			

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la diferencia entre el valor medido de *g* y el valor teórico de éste?

$$\text{Porcentaje de Diferencia} = \left| \frac{\text{medido} - \text{teórico}}{\text{teórico}} \right| \times 100\%$$

2. Si la masa del carro se duplica, ¿cómo afectará a los resultados? Experimente con esto.

PRÁCTICA 8. CAÍDA LIBRE II

(DIN - 08. DURACIÓN: DOS HORAS)

I. OBJETIVO

El propósito de esta actividad es medir la aceleración de una bola que cae. A diferencia de la práctica 6, aquí el enfoque es utilizar el equipo de laboratorio y un análisis gráfico de los resultados, los cuales serán comparados con el valor estándar de la aceleración de la gravedad. Se estudiarán y verificarán las ecuaciones de caída libre presentadas en el curso, en particular aquellas que se estudian en los temas 1.2.1 y 1.2.4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Hace más de 22 siglos, el filósofo y científico griego Aristóteles propuso que existe una fuerza natural que causa que los objetos pesados caigan hacia el centro de la Tierra. Llamó a esta fuerza gravedad.

En el siglo XVII el científico Isaac Newton demostró que la gravedad es la fuerza universal que causa que la Luna gire alrededor de la Tierra, y la Tierra alrededor del Sol.

Cuando un objeto se encuentra en *caída libre*, quiere decir que la única fuerza que actúa sobre él es la de la gravedad. Mientras un objeto cae libremente, es acelerado. Para un objeto en caída libre cerca de la superficie de la Tierra, la razón de cambio de velocidad es constante y es la aceleración debida a la fuerza de gravedad.

Despreciando la resistencia del aire, un objeto cae una distancia proporcional al cuadrado del tiempo.

$$d \propto t^2$$

El primero en derivar esta ecuación matemática fue Galileo, quien afirmó que para un lugar fijo en la superficie de la Tierra todos los objetos caerán con la misma aceleración. Esta última comúnmente se conoce como la aceleración debida a la gravedad y tiene un valor aproximado de $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual usted encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Base universal grande	ME-8735
1	Barra de 45 centímetros	ME-8736
1	Barra de 90 centímetros	ME-8738
1	Abrazadera doble	ME-9873
1	Sistema de poleas y fotocpuertas	ME-6838
1	Cerca grande	ME-9377 A
1	Abrazadera universal para mesa	ME-9376 B
1	Pelota de plástico o de goma	–
1	Cinta métrica	SE-8712

EXPERIMENTO I: BOLA EN CAÍDA LIBRE

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, res-

pectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de una persona).

3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

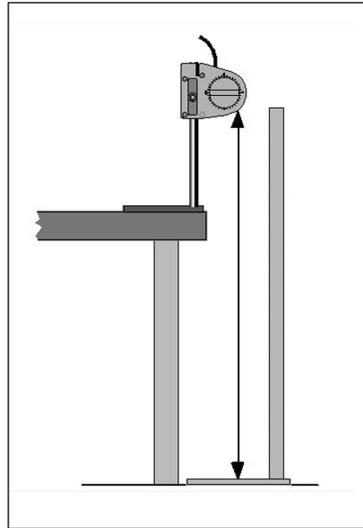
4. Abra el archivo *11 Falling Ball.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo de *DataStudio* tiene dos gráficas: una de la posición como función del tiempo, y la segunda, de la velocidad como función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 60 hertz (60 muestras por segundo).

CALIBRACIÓN DEL SENSOR

1. Sobre la mesa de trabajo coloque la base universal y conecte a ésta la barra de 90 centímetros; con la abrazadera doble ponga en ángulo recto la barra de 45 centímetros e introduzca en ésta el sensor de movimiento.
2. En la barra principal presione el icono *Setup*. En la parte inferior observará dos opciones: *Measurements* (mediciones)

- y *Motion Sensor* (sensor de movimiento). Presione este último e inmediatamente escuchará cómo el sensor comienza a hacer chasquidos, algunas veces por segundo.
- Para calibrar el sensor, primero mida la distancia del sensor al suelo utilizando una cinta métrica. Después presione el botón *Calibrate* en la ventana del sensor de movimiento.
 - El programa calcula la velocidad del sonido con base en la distancia de calibración (un metro, o introduzca la distancia medida) y el tiempo del viaje redondo del pulso y el eco.
 - En el recuadro *Standard Distance* aparece la distancia de un metro. Cámbiela por la distancia medida, presione *Set Sensor Distance = Standard Distance* y cierre la ventana *Experimental Setup* para regresar al experimento.



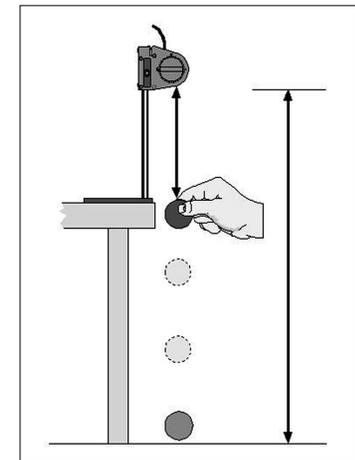
V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja la pelota y otra opera la computadora.

- Ajuste la posición del sensor de movimiento en la barra del soporte, de tal forma que esté a un metro del suelo.

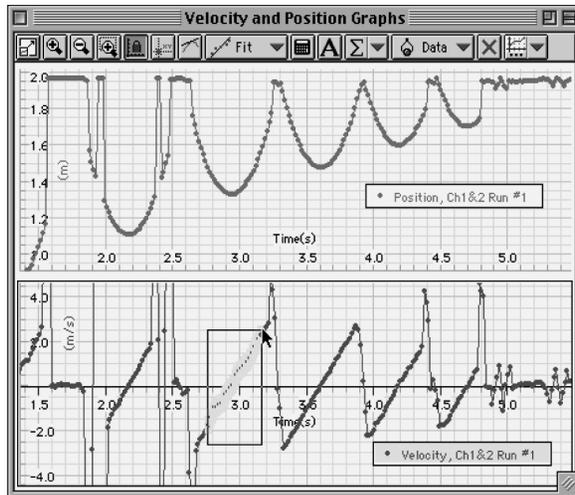
- Prepare para dejar caer la pelota de tal forma que caiga exactamente abajo del sensor de movimiento. Sujete la pelota entre el dedo anular y pulgar a alrededor de 15 centímetros abajo del sensor. Presione *Start* y suelte la pelota. Déjela que rebote al menos tres veces y asegúrese de quitar la mano una vez que suelte la pelota.
- Después de que rebote varias veces, presione *Stop* y detenga la recolección de datos.
- Si en los datos capturados no se registran al menos tres rebotes, deseché los resultados y repita.

- La gráfica de posición muestra un reflejo de la pelota rebotando en una superficie plana. La gráfica de la velocidad tiene un patrón de diente de sierra. Note que la gráfica de la velocidad de la pelota es positiva durante una parte del tiempo, y negativa el resto. El sensor de movimiento graba como positivo al alejarse de éste y negativo cuando se acerca.



VI. DATOS EXPERIMENTALES

- En la gráfica de velocidad como función del tiempo seleccione la sección que es relativamente derecha. Arrastre el cursor para encuadrarla.



- Utilice las herramientas de análisis de la gráfica para determinar la pendiente de la región seleccionada. En el menú *Fit* escoja *Linear* (ajuste lineal).
- Guarde el valor de la pendiente en la tabla de datos. Este valor es el de la aceleración debida a la gravedad. La pendiente aparece en la ventana del ajuste *Fit*.
- Repita el experimento cinco veces.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

- ¿Cómo se compara el valor de la pendiente con el valor aceptado de la aceleración de la gravedad?

- ¿Qué factores considera que afectarían el valor experimental de tal forma que difieran del teórico?
- ¿Por qué varía el valor de la aceleración?
- Encuentre la diferencia porcentual entre el valor conocido de la aceleración y el encontrado para cada uno de los experimentos.

$$\%dif = \left| \frac{\text{Aceleración analítica} - \text{aceleración experimental}}{\text{Aceleración analítica}} \right| \times 100\%$$

EXPERIMENTO 2: CERCA EN CAÍDA LIBRE

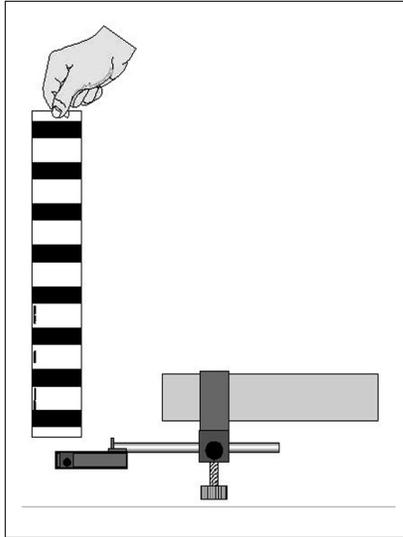
MONTAJE DEL EXPERIMENTO

- Conecte la interfaz a la computadora.
- Inserte una fotoc compuerta en el canal digital 1 de la interfaz.
- Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

- Abra el archivo *12 Free Fall Fence.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene gráficas de posición como función del tiempo y velocidad como función del tiempo.

- El programa supone que las bandas opacas se encuentran separadas cinco centímetros. Para cambiar este valor presione dos veces en el icono de la fotocpuerta y cerca que se encuentra en la ventana del experimento. Cambie el valor por el valor correcto del espaciamiento entre las bandas. Presione *ok* para regresar a la ventana del experimento.
- Instale el equipo tal como se muestra y coloque la fotocpuerta en la barra para polea. Mueva la cabeza de la fotocpuerta hacia un lado, de tal forma que pueda dejar caer verticalmente la fotocpuerta.



Prueba inicial de la recolección de datos

- Se recomienda que se coloque ropa, tela, pedazo de alfombra o cartón directamente debajo de la fotocpuerta, de tal forma que la cerca no golpee el suelo directamente.
- Cuando todo se encuentre preparado, comience a recolectar datos y deje caer la cerca verticalmente a través de la fotocpuerta. Detenga la captura de datos una vez que la compuerta haya pasado en su totalidad.

- Expanda los datos de tal forma que se desplieguen totalmente en la gráfica.
- Borre esta prueba.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los carros y otra opera la computadora.

- Sostenga la cerca de una orilla entre el dedo pulgar e índice, de tal forma que la orilla de la cerca esté justo arriba de la compuerta.
- Presione *Start* y deje caer la cerca a través de la fotocpuerta.
- Detenga la recolección de datos presionando *Stop* cuando la compuerta haya pasado completamente.
- Repita el experimento cinco veces.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

- Si es necesario expanda la gráfica de tal forma que se muestren todos los datos.
- Examine la gráfica de la velocidad como función del tiempo. Determine la pendiente del mejor ajuste (*Best Fit*) para la línea de la velocidad contra el tiempo. Abra *DataStudio* y seleccione *Linear* del menú *Fit*.
- Guarde el valor de la pendiente de la curva velocidad como función del tiempo.
- Encuentre la diferencia porcentual entre el valor conocido de la aceleración y el encontrado para cada uno de los experimentos.

$$\%dif = \left| \frac{\text{Aceleración analítica} - \text{aceleración experimental}}{\text{Aceleración analítica}} \right| \times 100\%$$

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Por qué varía el valor de la aceleración?
2. ¿Cómo se compara el valor de la pendiente con el valor aceptado de la aceleración de la gravedad?
3. ¿Qué factores considera que afectarían al valor experimental de tal forma que difieran del teórico?

PRÁCTICA 9. MOVIMIENTO DE PROYECTILES I

DIN - 9. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El propósito de esta actividad es analizar el movimiento parabólico de un proyectil y comparar el tiempo de vuelo para diferentes velocidades iniciales. La práctica presenta dos experimentos que están diseñados para reforzar los temas 1.3.1-1.3.4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

El movimiento parabólico de proyectiles es bidimensional. Su componente horizontal ocurre bajo la presencia de la aceleración de la gravedad y, por lo tanto, es un movimiento rectilíneo acelerado (mra-aceleración constante) que está descrito por las ecuaciones cinemáticas:

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2, \quad (8)$$

$$v_y = v_{0y} - gt, \quad (9)$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2(y - y_0)t, \quad (10)$$

$$y = \frac{1}{2}(v_y + v_{0y})t. \quad (11)$$

Asimismo, por su componente horizontal, el movimiento es rectilíneo uniforme (mru-velocidad constante), ya que no ocurre bajo la presencia de ninguna aceleración. Por lo tanto, la descripción cinemática está dada por:

$$x = v_{0x}t, \quad (12)$$

en donde v_{0y} es la velocidad inicial vertical, y v_{0x} es la velocidad inicial horizontal. Ambos movimientos perpendiculares ocurren simultáneamente, y las ecuaciones 8 a la 12 muestran que el parámetro común es el t .

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual usted encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
2	Fotocompuertas	ME-9498
1	Accesorio de tiempo de vuelo	ME-6810
1	Soporte de fotocompuerta	ME-6821
1	Lanzador de proyectiles	ME-6800
1	Cinta métrica	SE-8712
1	Abrazadera en C grande o abrazadera universal para mesa	SE-7285 o ME-9376B

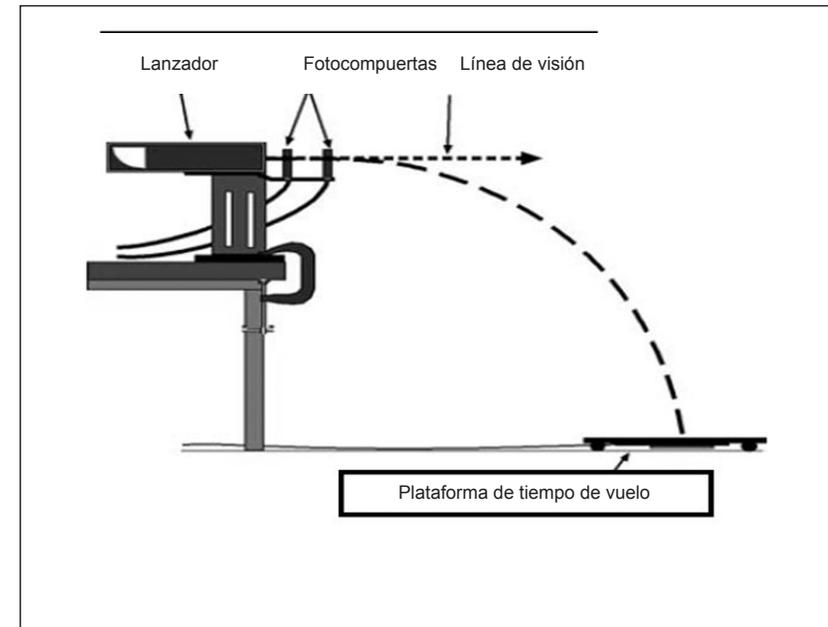
IV. MONTAJE GENERAL DEL EXPERIMENTO

Nota: Para mayores detalles sobre cómo realizar el montaje del lanzador a la base y a la mesa, lea la sección “Lanzador de proyectiles”, del “Capítulo II: Ensamblado general del equipo”.

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Inserte las fotocompuertas en los canales digitales 1 y 2 de la interfaz, respectivamente.
3. Conecte el accesorio de tiempo de vuelo al canal digital 3 de la interfaz.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

5. Sujete la base del lanzador a la orilla de una mesa de la manera que considere más adecuada.



6. Atornille el cañón a la base y asegúrese de que inclinación de éste sea de cero grados.
7. Busque la marca en el extremo del cañón y a partir de ahí mida la distancia al suelo. Anote dicha altura.
8. Apunte el lanzador a un área descubierta al menos a tres metros de distancia.
9. Ajuste el ángulo del lanzador a cero grados, de tal forma que balón sea lanzado horizontalmente.
10. Coloque el soporte de la fotocpuerta en la base en T en la parte inferior del lanzador y monte la compuerta en la posición más cercana al final del lanzador. Instale la otra fotocpuerta en el soporte en la otra posición.

Nota: Asegúrese de que las fotocpuertas estén montadas enfrente del lanzador y se encuentren separadas 10 centímetros. Si la distancia de separación es diferente, ajuste el valor en la ventana *Calculator*, poniendo la nueva distancia en *Distance* y presione *Accept*.

EXPERIMENTO I: TIEMPO DE VUELO HORIZONTAL

V. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *13A Projectile Motion.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad inicial promedio y el tiempo de vuelo.

VI. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Coloque la pelota en el lanzador y amartille a la posición de corto alcance.
2. Haga una prueba de disparo para determinar en dónde debe colocar sobre el suelo la plataforma de cronometraje.
3. Recargue el lanzador y amartille nuevamente a la posición de corto alcance.
4. Presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
5. Dispare la pelota. Presione *Stop* después que ésta haya golpeado la plataforma y guarde la velocidad inicial y el tiempo de vuelo.
6. Mida y guarde la distancia horizontal del disparo.
7. Repita el procedimiento para mediano y largo alcance.

VII. DATOS EXPERIMENTALES

Llene el siguiente cuadro con los resultados obtenidos en los disparos:

Rango	Rapidez inicial (metros/segundo)	Tiempo de vuelo (segundos)	Alcance máximo (metros)	Altura inicial (metros)
Corto				
Mediano				
Largo				

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se comparan los valores del tiempo de vuelo para los diferentes rangos?
2. ¿Cuáles son las variables independientes que se encontraron en este análisis (qué cambió de un experimento a otro)?
3. De estas variables, ¿cuáles se midieron?
4. ¿Cómo puede predecir cuánto tiempo estará la pelota en el aire? ¿Cambia esto si se modifica la velocidad inicial? ¿Por cuánto?
5. Con los datos obtenidos para cada uno de los rangos, calcule analíticamente la altura y la distancia horizontal y compare dichos resultados con los encontrados en sus mediciones. Explique las diferencias entre estos valores.

Rango	Altura (metros)		Alcance (metros)	
	Experimental	Analítico	experimental	analítico
Corto				
Mediano				
Largo				

EXPERIMENTO 2: TIEMPO DE VUELO COMO FUNCIÓN DEL ÁNGULO

VIII. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *13B Projectile Motion.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad inicial y el tiempo de vuelo.
2. Ajuste el ángulo del lanzador a 30 grados arriba de la horizontal.
 3. Coloque el accesorio de tiempo de vuelo a la misma altura que la posición inicial de lanzamiento.

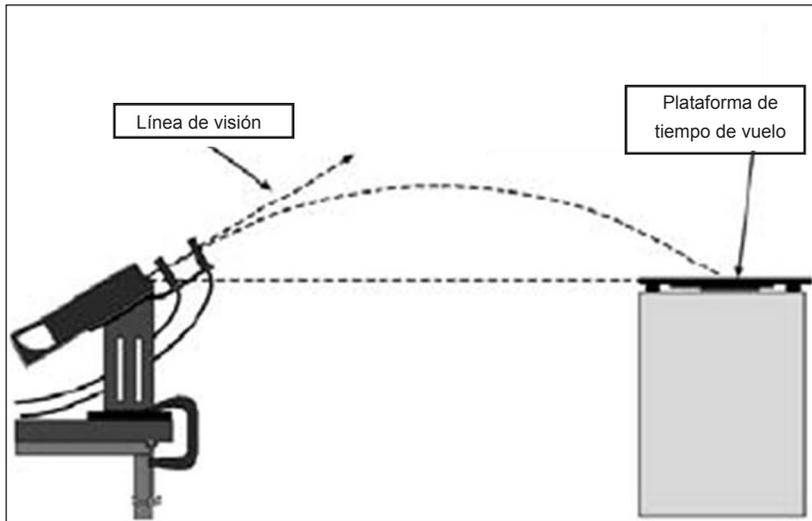
IX. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Coloque la pelota en el lanzador y amartille a la posición de corto alcance.
2. Haga una prueba de disparo para determinar a qué distancia del lanzador debe colocar el accesorio de tiempo de vuelo.
3. Recargue el lanzador y amartille nuevamente a la posición de corto alcance.
4. Presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
5. Dispare la pelota. Presione *Stop* después que ésta haya golpeado la plataforma y guarde la velocidad inicial y el tiempo de vuelo, ya que utilizará este valor para predecir el alcance horizontal.
6. Repita el procedimiento experimental con las posiciones de corto, medio y largo alcance.

Predicción y prueba del alcance

1. Deje el ángulo a 30 grados arriba de la horizontal.
2. Basado en la velocidad inicial vertical encuentre el tiempo (t) que le toma al proyectil alcanzar su altura máxima. Multiplique el tiempo por 2 para encontrar el tiempo total de vuelo.

3. Calcule el rango basado en la velocidad horizontal inicial y el tiempo total de vuelo.



V. DATOS EXPERIMENTALES

Llene el siguiente cuadro con los resultados obtenidos en los disparos:

Arreglo	Rapidez Inicial (metros/segundo)	Tiempo de vuelo (segundos)
Corto alcance, 30 grados		
Mediano alcance, 30 grados		
Largo alcance, 30 grados		

Calcule analíticamente los siguientes datos, usando como dato la velocidad inicial, y haga una comparación con los datos experimentales.

Corto alcance

Altura máxima	Velocidad horizontal
Alcance máximo	Velocidad vertical
Tiempo de vuelo	Tiempo a la altura máxima

Mediano alcance

Altura máxima	Velocidad horizontal
Alcance máximo	Velocidad vertical
Tiempo de vuelo	Tiempo a la altura máxima

Largo alcance

Altura máxima	Velocidad horizontal
Alcance máximo	Velocidad vertical
Tiempo de vuelo	Tiempo a la altura máxima

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se comparan los valores de tiempo de vuelo horizontal con aquellos de corto alcance a 30 grados?
2. ¿Cómo se comparan los valores de tiempo de vuelo horizontal con aquellos de largo alcance a 30 grados?

3. ¿El tiempo de vuelo depende del ángulo?
4. Cuando probó el alcance, ¿qué tan aproximada fue su predicción?
5. ¿Cómo puede predecir qué tanto tiempo estuvo la pelota en el aire? ¿Cambia el tiempo de vuelo si modifica el ángulo? Si la respuesta es sí, diga cómo.

PRÁCTICA 10. MOVIMIENTO DE PROYECTILES II

DIN - 10. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El objetivo de la práctica es predecir y verificar el alcance de un proyectil y determinar la relación funcional con el ángulo de disparo. La práctica presenta dos experimentos que están diseñados para reforzar los temas 1.3.1-1.3.4 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Un proyectil lanzado a un ángulo θ por arriba de la horizontal tendrá una componente horizontal y vertical.

$$v_{ox} = v_0 \cos\theta \quad (13)$$

$$v_{oy} = v_0 \sen\theta \quad (14)$$

La distancia horizontal del proyectil depende de su velocidad inicial. El tiempo de vuelo del proyectil lanzado a un ángulo θ se determina por la componente vertical de la velocidad inicial v_{0y} y por la aceleración de la gravedad. El tiempo de vuelo del proyectil está dado por:

$$t = \frac{2v_0 \sen\theta}{g} \quad (15)$$

Nota: Con esta fórmula se asume que el objeto regresa a la misma posición vertical de cuando fue lanzado.

El *alcance* (R) es la velocidad horizontal multiplicada por el tiempo de vuelo.

$$R = v_{ox}t = v_0 \cos\theta \left(\frac{2v_0 \sin\theta}{g} \right) = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta) \quad (16)$$

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual usted encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

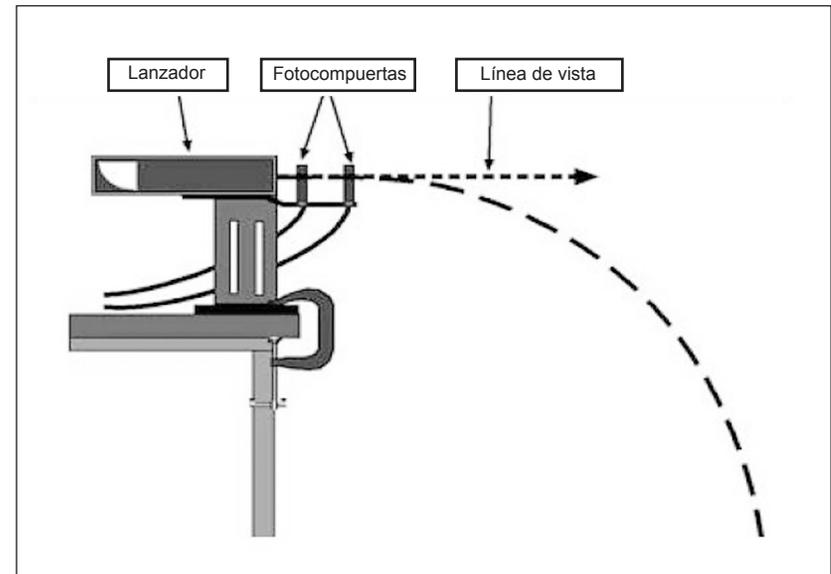
Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
2	Fotocompuertas	ME-9498
1	Soporte de fotocompuerta	ME-6821
1	Lanzador de proyectiles	ME-6800
1	Cinta métrica	SE-8712
1	Abrazadera en C grande	SE-7285

IV. MONTAJE PARA MEDIR LA VELOCIDAD INICIAL

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Conecte las fotocompuertas a los canales digitales 1 y 2 de la interfaz, respectivamente.

3. Conecte el accesorio de tiempo de vuelo al canal digital 3 de la interfaz.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.



5. Abra el archivo *10a velocidad inicial.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad inicial promedio.

- Sujete la base del lanzador a la orilla de una mesa y apunte éste a un área descubierta de la mesa al menos a tres metros de distancia.
- Ajuste el ángulo del lanzador a cero grados, de tal forma que la bola de plástico sea lanzada horizontalmente.
- Coloque el soporte de la fotocpuerta en la base en T en la parte inferior del lanzador y monte una de las fotocpuertas en la posición más cercana al final del lanzador. Instale la otra fotocpuerta en el soporte en la otra posición.

Nota: Asegúrese de que las fotocpuertas estén montadas enfrente del lanzador y se encuentren separadas 10 centímetros. Si la distancia de separación es diferente, ajuste el valor en la ventana *Calculator*, poniendo la nueva distancia en *Variable* y luego presione *Accept*.

V. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD INICIAL

Velocidad inicial

- Coloque la pelota en el lanzador y amartille a la posición de corto alcance.
- Haga una prueba de disparo para determinar en dónde caerá la pelota.
- Recargue el lanzador y amartille nuevamente a la posición de corto alcance.
- Presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
- Dispare la pelota. La velocidad inicial quedará registrada en la tabla que aparece más abajo.

Nota: No presione *Stop* hasta tener cinco registros de velocidad.

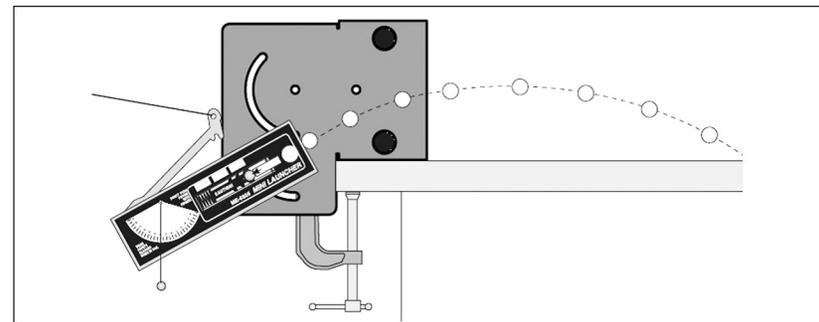
- Repita los pasos 1 al 4 para la posición de mediano y largo alcance del lanzador. Entonces aparecerá una nueva columna en la tabla, donde se guardarán las velocidades iniciales para cada alcance.
- Encuentre el promedio de la velocidad inicial para cada situación.

	Velocidad inicial		
	Alcance		
	Corto	Mediano	Largo
1			
2			
3			
4			
5			
Promedio			

EXPERIMENTO I: ALCANCE COMO FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD INICIAL

VI. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

- Quite el soporte y las fotocpuertas del lanzador.



- Sujete el lanzador de forma que el punto de salida de la pelota esté al nivel de la mesa, tal como se muestra en la figura. Ajuste el ángulo a un rango entre 20 y 60 grados y guarde este valor.

VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Coloque la pelota en el lanzador y amartille a la posición de corto alcance.
- Haga una prueba de disparo para determinar en dónde debe colocar la plataforma de cronometraje.
- Recargue el lanzador y amartille nuevamente a la posición de corto alcance.
- Presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
- Dispare la pelota. Presione *Stop* después que ésta haya golpeado la plataforma y guarde el tiempo de vuelo.
- Mida y guarde la distancia horizontal del disparo.
- Repita cinco veces y encuentre el promedio del tiempo de vuelo y del alcance.
- Repita el procedimiento para mediano y largo alcance.

VIII. DATOS EXPERIMENTALES

En el siguiente cuadro anote el alcance experimental (R_e) y teórico (R_t):

	Corto		Alcance Mediano		Largo	
	R_e	R_t	R_e	R_t	R_e	R_t
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

- ¿Cuál es la diferencia porcentual $\Delta\%$ entre el valor teórico y el valor experimental del alcance máximo?

$$(\Delta\%) = \left| \frac{\text{medido} - \text{teórico}}{\text{teórico}} \right| \times 100\%$$

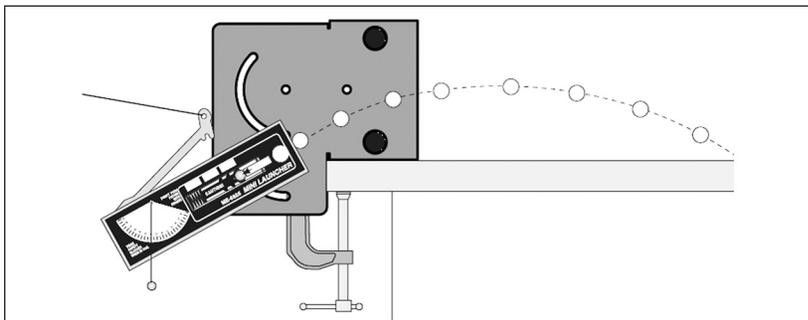
	Corto	Alcance Mediano	Largo
	$(\Delta\%) R$	$(\Delta\%) R$	$(\Delta\%) R$
1			
2			
3			
4			
5			
Promedio			

2. ¿Cómo se comparan los valores experimentales con los teóricos?
3. Cuando probó el alcance, ¿qué tan aproximada fue su predicción?

EXPERIMENTO 2: ALCANCE COMO FUNCIÓN DEL ÁNGULO

VI. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Quite el soporte y las fotocpuertas del lanzador.
2. Sujete el lanzador de forma que el punto de salida de la pelota esté al nivel de la mesa, tal como se muestra en la figura.
3. Abra el archivo *10 Tiro parabólico II.ds* de *DataStudio*. Para acceder a un archivo en esta aplicación diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega el ángulo (columna *X*) y alcance (columna *Y*). También incluye una gráfica de alcance (eje *Y*) como función del ángulo (eje *X*).
4. Ajuste el ángulo de disparo a cinco grados.



VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Coloque la pelota en el lanzador y amartille a la posición de largo alcance.
2. Haga una prueba de disparo para determinar en donde caerá la pelota.
3. Recargue el lanzador y amartille nuevamente a la posición de largo alcance.
4. Presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
5. Dispare la pelota. Presione *Stop* después que ésta haya golpeado la plataforma y mida el alcance del proyectil. Anote el alcance en la tabla de la práctica.
6. Escale la gráfica de tal forma que toda la información sea visible en la pantalla.
7. Para hacer un ajuste lineal, presione *Fit* en la barra de la gráfica y seleccione *Sine Fit* (ajuste senoidal), donde aparecerá un recuadro en el que se muestran *A* (amplitud), *B* (período), *C* (fase) y *D* (ajuste en *Y*).

Ángulo	Alcance	Ángulo	Alcance	Ángulo	Alcance
0	0	35		70	
5		40		75	
10		45		80	
15		50		85	
20		55		90	0
25		60			
30		65			

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Para qué valor de ángulo el alcance es máximo?
2. ¿Qué sucede en ángulos complementarios (la suma de ellos es igual a 90 grados)?
3. ¿Por qué se fijó la primera y última fila en 0, 0?
4. ¿Físicamente que significan las variables de ajuste A , B , C y D ?

PRÁCTICA 11. PRIMERA LEY DE NEWTON

DIN - I I. DURACIÓN: 30 MINUTOS

I. OBJETIVO

El propósito de esta actividad es que el usuario investigue experimentalmente el significado de inercia y, en consecuencia, realice un análisis de la primera ley de Newton relativa al movimiento. Estos experimentos tienen como objetivo apoyar los contenidos de los temas 2.1-2.5 de la carta descriptiva de la materia.

II. INTRODUCCIÓN

Galileo propuso que un objeto en movimiento continuaría en ese estado si el piso fuera liso e inclinado y continuara al infinito. Inercia fue el nombre que Galileo le dio a esta tendencia del objeto a continuar en movimiento.

Isaac Newton utilizó el trabajo y resultados de Galileo como base de su investigación, que concluyó en sus ahora famosas tres leyes. Sin embargo, la idea expuesta por Galileo con respecto a un cuerpo que continúa en movimiento puede parecer extraña, por lo que es natural preguntarse: ¿cuáles son las condiciones que deben existir para que un objeto se mantenga en movimiento? Newton afirmó que un objeto en reposo se mantendrá en reposo y un objeto en movimiento rectilíneo uniforme se mantendrá en movimiento si no existe una fuerza neta que actúe sobre éstos. En otras palabras, si la fuerza neta del objeto es cero, su aceleración (cambio del estado de movimiento) será también cero.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de aceleración	CI-6558
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Accesorio de ventilador	ME-9491
1	Bloque de fricción (ME-9807)	Parte de ME-9435 A
2	Baterías AA	—

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de una persona).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *14 Newton's 1st Law.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad. El almacenaje se realiza automáticamente en tres segundos.

5. Coloque la pista en una superficie horizontal. Nivele la pista colocando las patas de ésta.
6. Instale el sensor de movimiento en un extremo de la pista y mueva el interruptor de rango a *Cart* (cerca).

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Examine las gráficas que obtendrá en cada uno de los siguientes procedimientos experimentales y conteste las preguntas que encontrará después.

Nota: Cada vez que presione el botón *Start* la captura de datos se detendrá automáticamente a los tres segundos.

Parte 1: No se aplica fuerza

1. Coloque el carro a 15 centímetros del sensor de movimiento y presione *Start*. No toque el carro.



Parte 2: Bloque de fricción

1. Coloque en la bandeja del carro el bloque de fricción con la fel-



pa hacia arriba. Voltee el carro y colóquelo a 15 centímetros del sensor.

2. Presione *Start* y espere un segundo antes de dar un leve empujón en dirección contraria al sensor.

Parte 3: Carro con poca fricción

1. Voltee el carro y remueva el bloque de fricción. Coloque el carro a 15 centímetros del sensor.
2. Presione *Start* y espere un segundo antes de dar un leve empujón en dirección contraria al sensor.



Parte 4: Ventilador

1. Ponga el ventilador sobre el carro y colóquelo a 15 centímetros del sensor.
2. Encienda el ventilador, pero detenga el carro. Asegúrese de que el ventilador aleje al carro del sensor.
3. Presione *Start* y espere un segundo antes de dar un leve empujón en dirección contraria al sensor.



Nota: No permita que el ventilador choque el final de la pista; podría ser dañado.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer en *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Qué le pasará a un objeto si no se le aplica una fuerza?
2. ¿Qué le sucederá a un objeto si es empujado, pero existe una fuerza de fricción grande entre el objeto y la superficie?
3. Si existe poca fuerza de fricción, ¿cómo se alterará el movimiento del cuerpo si se le da un empujón?
4. ¿Cuál será el resultado de aplicarle una fuerza constante a un cuerpo?
5. ¿Qué muestran las gráficas para la primera parte?
6. ¿Qué muestran las gráficas de velocidad para la segunda parte?
7. En la tercera parte, ¿por qué el carro continúa moviéndose?
8. ¿Qué serie de datos representa movimiento constantemente acelerado?
9. ¿Por qué el carro con el bloque de fricción se detiene tan rápido?
10. ¿Qué le sucede a un objeto inmóvil si no se le aplica alguna fuerza?
11. ¿Qué le sucede a un objeto en movimiento si no se le aplica alguna fuerza?

PRÁCTICA 12. SEGUNDA LEY DE NEWTON I

DIN - 12. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El objetivo de esta práctica es presentar al usuario —con un análisis experimental de una de las ecuaciones más importantes de física— la segunda ley de Newton.

En particular, se analizará el efecto sobre la aceleración de un objeto al cambiar la fuerza neta aplicada mientras la masa del sistema permanezca constante, así como el efecto sobre la aceleración de un objeto cuando la fuerza neta se mantiene constante y la masa del sistema aumenta.

Los temas estudiados en esta práctica son aquellos que se presentan en el tema 2.1 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Mientras que la primera ley de Newton enuncia que si ninguna fuerza actúa sobre un cuerpo, la velocidad del objeto no se altera-

rá, es la segunda ley de Newton la que describe que la velocidad cambia al aplicar una fuerza neta. La descripción matemática está dada por

$$\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad (17)$$

Es usual que muchas fuerzas actúen simultáneamente sobre un objeto. En estos casos, la fuerza neta o la suma vectorial de todas las fuerzas aplicadas es lo importante.

La segunda ley de Newton afirma que la aceleración es proporcional a la fuerza neta del objeto. Señala también que la aceleración es inversamente proporcional a la masa; es decir, si la masa se duplica, la aceleración se reducirá a la mitad, siempre y cuando la fuerza sea constante.

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual usted encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

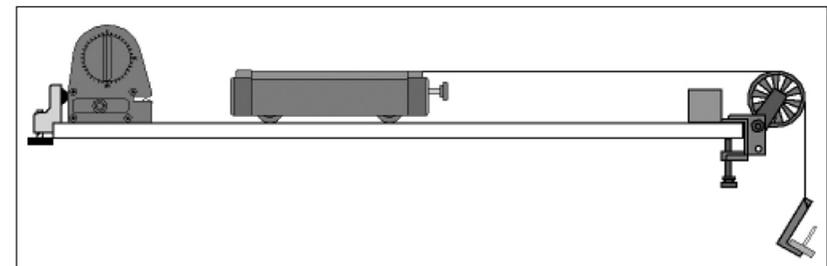
Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6558
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Juego de masas (caja azul)	ME-8979
1	Báscula	SE-8723
1	Polea con abrazadera	ME-9448
1	Cuerda	SE-8050

IV. MONTAJE GENERAL DE LA PRÁCTICA

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la opción que muestra el dibujo de un carro).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Agregue a la pista los dos pies que se incluyen y nivélela utilizando los tornillos en la parte inferior de los pies. Es muy importante que la pista se encuentre completamente horizontal.
5. Asegure el sensor de movimiento en un extremo de la pista y verifique que se encuentre en cero grados de inclinación, la cual se observa en un costado del sensor.
6. En el otro extremo de la pista inserte uno de los dos topes y asegure la polea en el otro lado.
7. Pese el carro.
8. Amarre un pedazo de cuerda de 1.2 metros de largo a un extremo del carro. Pase la cuerda por el agujero del tope y asegúrese de que la cuerda no toque las paredes tope, lo que puede lograr modificando la inclinación de la polea. En el otro extremo de la cuerda amarre uno de los ganchos que se incluyen en el juego de masas y ponga la cuerda sobre el riel de la polea.
9. Añada una masa de 20 gramos al gancho de masas y pese el gancho y la masa juntos (la masa del gancho está indicada a un costado de éste).
10. Ajuste la polea de tal forma que la cuerda sea paralela a la pista.



EXPERIMENTO I: MASA CONSTANTE-FUERZA VARIABLE

V. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

11. Abra el archivo *15a Newton's 2nd Law 1.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File-Open Activity*, abra la carpeta *Desktop* y busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad en función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).
12. Ponga dos masas de 20 gramos sobre el carro.
13. Pese el carro más las dos masas de 20 gramos.
14. Detenga el carro enfrente del sensor de movimiento, pero no más cerca de 15 centímetros del sensor.

VI. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Para la primera repetición (*Run #1*) utilice el arreglo descrito arriba (una masa de 20 gramos en el gancho y dos de igual peso en el carro). Presione *Start* y libere este último.
2. Detenga el carro antes de que choque con la polea; luego presione *Stop*.
3. Repita el procedimiento cambiando una masa de 20 gramos del carro al gancho, es decir, 40 gramos en el gancho y 20 en el carro (*Run #2*).

4. Repita el procedimiento cambiando una masa de 20 gramos del carro al gancho, es decir, 60 gramos en el gancho y cero en el carro (*Run #3*).
No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File y Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

VII. DATOS EXPERIMENTALES

Encuentre los valores experimentales de la aceleración:

1. Presione el botón *Data* y elija la primera repetición (*Run #1*).
2. Escoja *Scale to Fit* para escalar la gráfica si fuera necesario. Presione y arrastre el cursor para seleccionar la parte suave de la curva.
3. Presione el menú *Fit* y escoja *Linear Fit*.
4. Guarde el valor para la pendiente (m) como el valor de la aceleración de la repetición 1 (*Run #1*).
5. Repita el proceso para la repetición 2 (*Run #2*) y para la 3 (*Run #3*).

CÁLCULOS

Calcule la aceleración teórica cuando la masa es constante y la fuerza neta cambia. Guarde los cálculos.

- La aceleración es la razón de la fuerza neta dividida entre la masa total.

$$a = \frac{gm_{\text{gancho}}}{m_{\text{carro}} + m_{\text{gancho}}}$$

- Para las repeticiones 1, 2 y 3 la masa total del sistema es constante y la fuerza incrementa.
- Suponiendo que no hay fricción, la fuerza neta es la fuerza del gancho.

Encuentre el porcentaje de variación entre la aceleración experimental y la teórica. Guarde los resultados.

EXPERIMENTO 2: FUERZA CONSTANTE-MASA VARIABLE

V. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *15B Newton's 2nd Law 2.ds* de *DataStudio*. Para acceder a un archivo en esta aplicación diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una tabla que despliega la velocidad en función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

VI. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Para la primera repetición (*Run #1*) utilice una masa de 20 gramos en el gancho.

2. Presione *Start* y libere el carro.
3. Detenga el carro antes de que choque con la polea; en seguida presione *Stop*.
4. Repita el procedimiento añadiendo una masa de 250 gramos al carro (*Run #2*).
5. Repita el procedimiento añadiendo una segunda masa de 250 gramos al carro (*Run #3*).

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

VII. DATOS EXPERIMENTALES

Encuentre los valores experimentales de la aceleración:

1. Presione el botón *Data* y seleccione la primera repetición (*Run #1*).
2. Escoja *Scale to Fit* para escalar la gráfica si fuera necesario. Presione y arrastre el cursor para seleccionar la parte suave de la curva.
3. Presione el menú *Fit* y escoja *Linear Fit*.
4. Guarde el valor de la pendiente (m) como el valor de la aceleración de la repetición 1 (*Run #1*).
5. Repita el proceso para la repetición 2 (*Run #2*) y la 3 (*Run #3*).

CÁLCULOS

Calcule la aceleración teórica cuando la masa es constante y la fuerza neta cambia. Guarde los cálculos.

- La aceleración es la razón de la fuerza neta dividida entre la masa total:

$$a = \frac{gm_{gancho}}{m_{carro} + m_{gancho}}$$

- Para las repeticiones 1, 2 y 3, la masa total del sistema es constante y la fuerza incrementa.
- Suponiendo que no hay fricción, la fuerza neta es la del gancho.

Encuentre el porcentaje de variación entre la aceleración experimental y la teórica y guarde los resultados.

Tabla de datos 1

Repetición	Descripción	Masa (kg)
1	Masa total del gancho y una masa de 20 gramos (m_1):	
2	Masa total del carro (m_2):	
3	Masa total del carro más una masa adicional:	
4	Masa total del carro más dos masas adicionales:	

Fuerza neta (masa del gancho x 9.81 N/kg): _____

Tabla de datos 2

Repetición	Masa del carro (kg)	Masa total (kg)	F_{neta} (N)	Aceleración teórica (m/s^2)	Aceleración experimental (m/s^2)	Porcentaje de diferencia
1						
2						
3						
4						

PREGUNTAS

1. Realice los diagramas de cuerpo libre necesarios para obtener los datos para ambos experimentos.
2. ¿Qué le pasa a un objeto cuando se le aplica una fuerza neta?
3. ¿Qué le sucederá al movimiento de un objeto si se mantiene la masa constante y se cambia la magnitud de la fuerza neta aplicada?
4. ¿Qué le sucederá al movimiento de un objeto si se mantiene constante la fuerza aplicada y se cambia la masa del sistema?
5. Para las repeticiones 1, 2 y 3 del experimento 1, ¿qué observó sobre la pendiente del ajuste lineal a medida que la fuerza neta permanecía constante, pero la masa incrementaba?
6. ¿Qué le sucede a la aceleración del objeto si la fuerza aplicada se mantiene constante pero aumenta la masa de éste?
7. ¿Por qué cambió la pendiente de cada experimento?
8. ¿Observó una relación entre la pendiente del ajuste lineal y la fuerza neta que se le aplicó en las repeticiones 1, 2 y 3?
9. ¿En qué unidades se puede expresar la pendiente para gráfica? Explique.
10. ¿Qué le pasa a la aceleración de un objeto si la fuerza neta aplicada se aumenta, pero la masa del objeto permanece constante?

PRÁCTICA 13. SEGUNDA LEY DE NEWTON II

DIN - 13. DURACIÓN: DOS HORAS

OBJETIVO

El propósito de esta exploración es verificar experimentalmente la segunda ley de Newton. En particular, se realizarán dos experimentos con el objetivo de apoyar los contenidos del tema 2.1 de la carta descriptiva de la materia.

INTRODUCCIÓN

Isaac Newton describió la relación entre fuerza neta aplicada, masa de un cuerpo y aceleración, de la siguiente forma:

“La aceleración de un objeto es directamente proporcional y en la misma dirección que la fuerza neta aplicada al objeto, pero inversamente proporcional a la masa del objeto”

$$a = \frac{F_{neta}}{m}$$

En esta práctica se realizarán dos experimentos: en el primero se verificará directamente la segunda ley de Newton al jalar y

empujar un carro midiendo la aceleración y la fuerza por medio de sensores.

En la segunda actividad se busca experimentar con la máquina de Atwood y estudiar cómo la diferencia de pesos determina la fuerza neta que actúa sobre el sistema (de ambas masas).

Basado en el diagrama de cuerpo libre presentado, T es la tensión de la cuerda, $M_2 > M_1$ y g es la aceleración de la gravedad. Considerando hacia arriba positivo y hacia abajo negativo, las ecuaciones de movimiento para M_2 y M_1 son las siguientes:

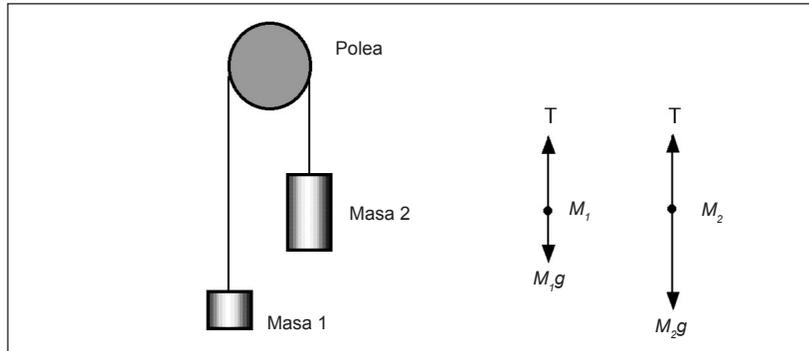
$$T_1 - M_1g = F_{net} = M_1a \quad (18)$$

$$T_2 - M_2g = F_{net} = M_2(-a) \quad (19)$$

Si suponemos que la polea gira sin fricción y, al igual que la cuerda, no tiene masa, y esta última no se estira, entonces $T_2 = T_1$. Resolviendo para a se tiene:

$$a = g \left(\frac{M_2 - M_1}{M_2 + M_1} \right) \quad (20)$$

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual el usuario encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y pregunta



III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Sensor de fuerza	CI-6746
1	Báscula	SE-8723
1	Sistema de fotocompuertas y polea	ME-6838
1	Juego de masas y ganchos (caja azul)	ME-8979
1	Abrazadera universal para mesa	ME-9376 B
1 metro	Cuerda	SE-8050

EXPERIMENTO I: JALAR - EMPUJAR

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe los sensores en la interfaz. El sensor de movimiento debe conectarse en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente, y el sensor de fuerza en las entradas digitales 3 y 4, en forma respectiva. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la opción que muestra el dibujo de un carro).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

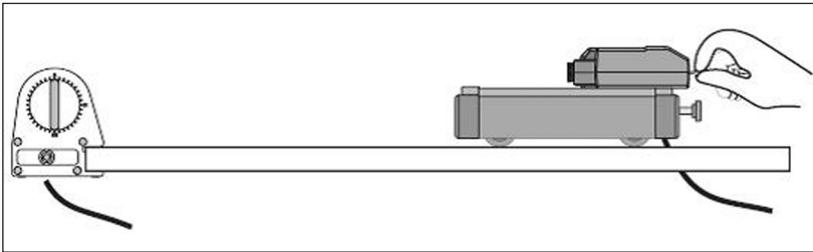
Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *16 Push-Pull a Cart.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo de *DataStudio* contiene una gráfica de fuerza como función de aceleración. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) para el sensor de movimiento está en 20 hertz (20 muestras por segundo) mientras que para el sensor de fuerza se encuentra en 100 hertz. La calibración del sensor de fuerza ha sido cambiada para que sea

negativo si se empuja a la izquierda y positivo si se jala a la derecha.

5. Agregue a la pista los dos pies que se incluyen y nivélela utilizando los tornillos en la parte inferior de los pies. Es muy importante que la pista se encuentre completamente horizontal.
6. Monte el sensor de fuerza sobre el carro.
7. Mida y guarde la masa del carro junto con el sensor de fuerza.
8. Coloque el sensor de movimiento en el lado izquierdo de la pista. Ponga el carro sobre la pista con el gancho del sensor de fuerza apuntando hacia el lado contrario del sensor de movimiento. El carro no debe acercarse a más de 15 centímetros del sensor de movimiento. Marque esta distancia en la pista.



Experimento de prueba

1. Antes de comenzar el proceso de captura de datos para un análisis posterior, es importante realizar un experimento de prueba para asegurar que el sensor de movimiento se encuentra alineado.

2. Coloque el carro en un extremo de la pista. Para calibrar el sensor de fuerza presione el botón *Tare*, que se encuentra en un costado de éste.
3. Sujete firmemente el gancho del sensor de fuerza y jale y empújelo de tal forma que el carro se mueva hacia adelante y hacia atrás. Asegúrese de que el carro no se acerque demasiado al sensor de movimiento.
4. Inicie el proceso de almacenaje de datos.
5. Después de 10 segundos, detenga el almacenaje.
6. Si fuese necesario ajuste la posición del sensor de movimiento.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: Antes de grabar para cada repetición, presione el botón *Tare*.

1. Después de que el sensor de fuerza ha sido calibrado, comience a jalar y empujar el gancho para hacer que el carro se mueva hacia atrás y hacia adelante.
2. Presione *Start* para guardar la información.
3. Empuje y jale el carro cuatro o cinco veces. Después presione *Stop*.
4. En la lista de datos aparecerá *Run #1*. Si los datos no aparecen como puntos en la gráfica, revise el alineamiento del sensor de movimiento e intente de nuevo.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

VI. DATOS EXPERIMENTALES

Análisis

1. En la gráfica de fuerza contra aceleración seleccione la región que es relativamente derecha, arrastrando el cursor para encuadrarla.
2. Utilice las herramientas de análisis de la gráfica para determinar la pendiente de la región seleccionada. En el menú *Fit* escoja *Linear* (ajuste lineal).
3. Guarde el valor de la pendiente que aparecerá en el recuadro del ajuste lineal.

Tabla de datos

Elemento	Valor
Masa del carro y sensor de fuerza (medido)	
Masa del carro y sensor de fuerza (pendiente)	

PREGUNTAS

1. Realice los diagramas de cuerpo libre necesarios para obtener los datos del experimento.
2. ¿Cuáles son las unidades apropiadas para la pendiente de la gráfica de fuerza contra aceleración?
3. ¿Por qué la pendiente de la gráfica de la fuerza contra aceleración es igual a la masa del objeto?

4. ¿Cuál es el porcentaje de diferencia entre la masa experimental y la real? Recuerde que

$$\text{Porcentaje de diferencia} = \left| \frac{\text{experimental} - \text{real}}{\text{experimental}} \right| \times 100\%$$

5. ¿Cuáles son las posibles razones de cualquier diferencia entre los valores medidos y los medidos experimentalmente?

EXPERIMENTO 2: MAQUINA DE ATWOOD

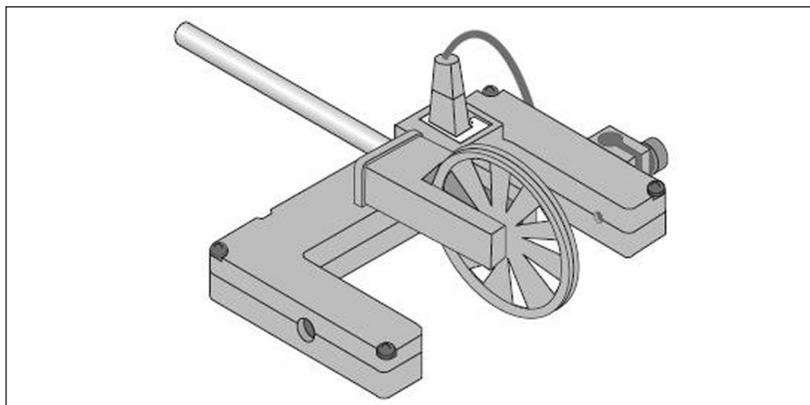
IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe la fotocpuerta al canal digital 1 de la interfaz.
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

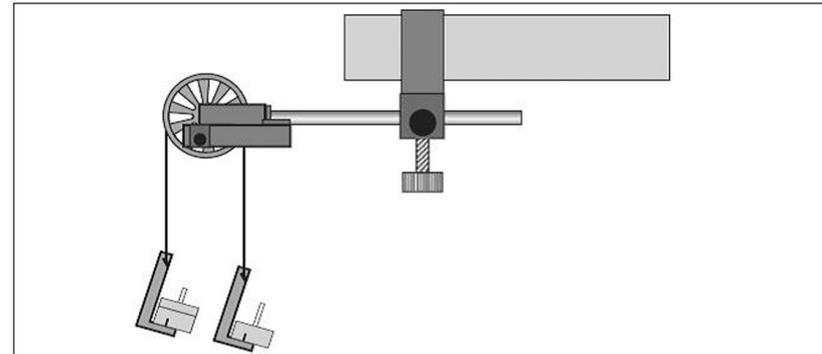
Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *18 Atwood's.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo de *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad contra tiempo.
5. Coloque la abrazadera a la orilla de la mesa.

6. Atrape la fotoc compuerta entre la rosca de la vara de metal y la polea. En la parte posterior de la fotoc compuerta se encuentra una viñeta en donde deberá introducir la rosca y ajustarla a la polea.
7. Coloque horizontalmente la fotoc compuerta/polea en la abrazadera.
8. Utilice un pedazo de cuerda alrededor de 10 centímetros más largo que la distancia de la polea al suelo. Coloque la cuerda sobre el riel en la polea.
9. Amarre a cada extremo de la cuerda un gancho de masa.
10. Coloque de cinco a seis masas (aproximadamente 100 gramos) en uno de los ganchos y anote esta masa como M_1 . Recuerde agregar los cinco gramos del gancho a la masa total. En el otro gancho, coloque seis masas (M_2) hasta que sumen ligeramente más que M_1 . Anote el valor de M_2 .
11. Mueva M_2 hacia arriba hasta que casi toque la polea, y M_1 casi haga contacto con el suelo. Sostenga M_2 para que no comience a caer.



12. Gire la polea de tal forma que el rayo de la fotoc compuerta se encuentre desbloqueado (el led rojo estará apagado).



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Parte 1. Masa constante

Nota: El procedimiento es mucho más sencillo si una persona maneja el aparato, y otra, la computadora.

1. Suelte M_2 y déjela caer. Presione *Start* para iniciar la captura de datos.
2. Presione *Stop* justo antes de que M_2 toque el suelo.

Nota: No deje que la masa que sube choque contra la polea.

3. Para el segundo experimento (*Run #2*) mueva una masa de M_2 al gancho con M_1 . Anote las nuevas masas y repita el procedimiento.
4. Repítalo para tres configuraciones de masas diferentes. En cada experimento cambia la fuerza neta, pero la masa permanece constante.

Parte 2. Fuerza neta constante

5. Configure las masas tal como en el primer experimento.
6. Cambie la masa total del sistema pero mantenga la fuerza neta constante. Para lograr esto añada exactamente la misma cantidad de masas adicionales a cada gancho.

Nota: Asegúrese de que la diferencia de masas sea la misma que en el primer experimento.

7. Añada aproximadamente 10 gramos a cada gancho y anote la nueva masa de cada uno. Libere la masa M_2 y déjela caer. Inicie a capturar los datos y detenga justo antes de que la masa toque el suelo.
8. Repita el paso anterior hasta ejecutar el experimento tres veces. Para cada una, la fuerza neta deberá permanecer constante, pero la masa del sistema cambiará.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Examine la gráfica de la fuerza y el tiempo. Analice las lecturas de la fuerza de cada sensor para los cuatro experimentos.
2. Seleccione *Run #1* y utilice *Smart Tool* para comparar la fuerza de uno de los sensores con la del segundo sensor en el mismo momento.
3. Guarde el valor de ambas fuerzas.
4. Utilice los datos para contestar las preguntas que se presentarán adelante.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

Tabla de datos

Elemento	Fuerza (N)
Fuerza del sensor de fuerza A	
Fuerza del sensor de fuerza B	

PREGUNTAS

1. Realice los diagramas de cuerpo libre necesarios para obtener los datos del experimento.
2. Durante el primer experimento, ¿cómo se asemejan las formas de las gráficas del primer sensor y las del segundo?
3. Si dos fuerzas son iguales y opuestas, ¿cómo debería ser su suma?
4. Con base en sus datos, conteste qué tan aproximadas están las fuerzas a ser iguales y opuestas.
5. ¿Quién aplicó más fuerza: usted o su compañero?

PRÁCTICA 14. TERCERA LEY DE NEWTON

DIN - 14. DURACIÓN: 30 MINUTOS

I. OBJETIVO

El propósito de esta exploración es verificar la tercera ley de Newton mediante un análisis del juego *jalar la cuerda*, para reforzar los temas estudiados en la sección 2.1 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

1. Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo, éste ejercerá una fuerza de igual magnitud y en sentido contrario sobre el primero.
2. La tercera ley es también llamada ley de *acción-reacción*, ya que se puede redactar como sigue: “Para cada acción (fuerza) existe una reacción (fuerza) de igual magnitud pero en dirección opuesta.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
2	Sensores de fuerza	CI-6746
1 metro	Cuerda	SE-8050

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe ambos sensores de fuerza en la interfaz. Éstos deben conectarse en las entradas digitales 1 y 2 (el primer sensor) y 3 y 4 (el segundo).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *17 Tug-of-War.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
5. El archivo contiene una gráfica de fuerza como función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 100 hertz (100 muestras por segundo). La fuerza de calibración para el sensor de fuerza ha sido cambiada, de tal forma que jalar es positivo para uno de los sensores, y negativo para el otro.
6. Una los ganchos de los sensores de cuerda con un segmento de ésta de 30 centímetros.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es mucho más sencillo si dos personas manejan los sensores de fuerza, y una tercera, la computadora.

1. Antes de grabar para cada experimento, presione el botón *Tare* en el costado del sensor de fuerza.
2. Después de que el sensor de fuerza ha sido calibrado, presione *Start* para iniciar la recolección de datos.
3. Trate de jalar con la misma fuerza en ambos sensores y monitoree la intensidad de las fuerzas ejercidas en los dos sensores. La captura de datos se detiene después de 15 segundos.

Nota: No exceda los 50 newtons o podría dañar los sensores.

4. En la lista de datos aparecerá *Run #1*. Si no aparecen puntos de datos en la gráfica repita el procedimiento.
5. Recolecte un segundo conjunto de datos, pero en esta ocasión sólo jale en uno de los sensores.
6. Repita el procedimiento pero invierta el papel de los sensores.
7. Camine junto con su compañero y jale el sensor (medirá la fuerza ejercida mientras el cuerpo se encuentra en movimiento).

VI. DATOS EXPERIMENTALES

Análisis

1. Examine la gráfica de la fuerza y el tiempo. Analice las lecturas de la fuerza de cada sensor para las cuatro repeticiones.
2. Seleccione *Run #1* y utilice *Smart Tool* para comparar la fuerza de uno de los sensores con la del segundo sensor en el mismo momento.
3. Guarde el valor de ambas fuerzas.
4. Utilice los datos para contestar las preguntas que se presentarán adelante.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

Tabla de datos

Elemento	Fuerza (N)
Fuerza del sensor A	
Fuerza del sensor B	

PREGUNTAS

1. Realice el diagrama de cuerpo libre necesario para obtener los datos del experimento.
2. Durante la primera repetición, ¿cómo se asemejan las formas de las gráficas del primer sensor y las del segundo?
3. Si dos fuerzas son iguales y opuestas, ¿cómo debería ser su suma?
4. Con base en sus datos, conteste qué tan aproximadas están las fuerzas a ser iguales y opuestas.
5. ¿Quién aplicó más fuerza: usted o su compañero?

PRÁCTICA 15. COEFICIENTES DE FRICCIÓN

DIN - 15. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El usuario verificará, mediante dos experimentos, el comportamiento de las fuerzas de fricción. De esta manera, constatará la existencia de dos coeficientes de fricción: estático y cinético, así como su magnitud y cómo varían éstos entre diferentes materias en rozamiento. Estos experimentos tienen como objetivo apoyar los contenidos de los temas 2.1-2.4 de la carta descriptiva del curso.

II. INTRODUCCIÓN

Esta actividad investiga los dos tipos de fuerzas friccionales: la estática y la de rozamiento (cinética). Ambas dependen del tipo de superficie, pero no de la velocidad o del área de contacto.

La dirección de la fricción estática es normal a la superficie de contacto y en dirección opuesta a cualquier fuerza aplicada. Su magnitud está dada por $F_s = \mu_s F_n$ donde μ_s es el coeficiente de fricción estática y F_n es la fuerza normal. El coeficiente de fricción estática se entiende como la razón entre la máxima fuerza de fricción y la fuerza normal.

Cuando la fuerza se aplica a un cuerpo que se mueve sobre una superficie, se observa que la fuerza de fricción aumenta hasta un máximo justo antes de que el cuerpo inicie a moverse; es decir, la fuerza de fricción cinética se opone al movimiento del objeto y se puede describir por $F_k = \mu_k F_n$ donde μ_k es el coeficiente de fricción cinético y F_n es la fuerza normal. Los valores del coeficiente de fricción cinético para las mismas superficies son menores que los del coeficiente de fricción estático, es decir, $\mu_k < \mu_s$.

Un bloque de masa M se coloca en una mesa horizontal conectada por una cuerda a una masa m , la cual está colgada sobre una polea. Cuando a esta masa se le permita caer, jalará a la masa M y se deslizará sobre la mesa.

Si se considera a ambas masas como un sistema, el diagrama de cuerpo libre incluye dos fuerzas: la fuerza de gravedad jalando a la masa m y la de fricción cinética actuando sobre la masa M . De acuerdo con la segunda ley de Newton, la suma vectorial de las fuerzas es igual a la masa total del sistema por la aceleración de éste.

$$\sum F = mg - F_k = (M + m)a \quad (21)$$

donde F_k es la fuerza de fricción cinética, la cual está dada por

$$F_k = \mu_k N \quad (22)$$

donde μ_k es el coeficiente de fricción cinético y N es la fuerza normal que actúa sobre la masa:

$$N = Mg \quad (23)$$

Resolviendo, para el coeficiente de fricción cinética tenemos:

$$\mu_k = \frac{mg - (M + m)a}{Mg} \quad (24)$$

En general, el coeficiente de fricción cinético para la masa M depende sólo del tipo de materiales que están en contacto.

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual el usuario encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de fuerza	CI-6746
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Accesorio descubrefricción	ME-8574
2	Barra de masa de 250 o 500 gramos	—
1	Balanza	—
1 metro	Cuerda	SE-8050
1	Sistema de poleas y fotocpuertas	ME-6838
1	Bloque de fricción (ME-9807)	Parte de ME-9435 A
1	Juego de masas y gancho (caja azul)	ME-8979
1	Abrazadera universal de mesa	ME-9376 B

EXPERIMENTO I: SENSOR DE FUERZA

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de fuerza en el canal digital de la interfaz.
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *20 Friction Forces.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* dirijase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo de *DataStudio* contiene tres gráficas (fuerza de fricción contra tiempo, estática contra normal y cinética contra normal) y cuatro tablas (dos de fricción cinética para fieltro y corcho y dos para fricción estática para los mismos materiales). En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 1 000 hertz (1 000 muestras por segundo). El sensor se encuentra calibrado para que marque positivo para una fuerza que jale.
5. Agregue a la pista los dos pies que se incluyen y nivélela utilizando los tornillos en la parte inferior de los pies.
 6. Coloque el bloque de fieltro con la superficie de este material hacia abajo sobre la pista.
 7. Disponga el equipo como se indica en la figura.
 8. Sujete el extremo de un pedazo de cuerda —de aproximadamente cinco centímetros— al sensor y el otro extremo al bloque de fricción.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

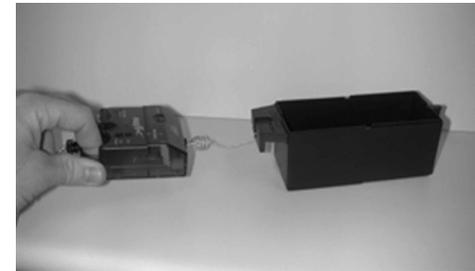
Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los carros y otra opera la computadora.

Accesorio de fieltro

1. Asegúrese de poder ver la gráfica etiquetada *Frictional Forces* (fuerzas de fricción). Jale el sensor de fuerza de tal forma que

la cuerda esté restirada. Presione el botón *Tare* en dicho sensor para calibrarlo antes de cada repetición.

2. Oprima *Stop* al obtener cinco segundos de datos utilizables. Ésta será la primera repetición (*Run #1*).
3. Agregue 250 gramos a la bandeja de fricción y repita el procedimiento. Ésta será la segunda repetición (*Run #2*).
4. Agregue 250 gramos adicionales a la bandeja de fricción y repita el procedimiento. Ésta será la tercera repetición (*Run #3*).



Accesorio de corcho

5. Sustituya el accesorio de fieltro por el de corcho y repita el procedimiento anterior para obtener tres curvas más: *Run #4* para la bandeja con corcho sin masa adicional, *Run #5* para el corcho y 250 gramos añadidos, y *Run #6* para el corcho y 500 gramos adicionales.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

Encuentre la fuerza normal, la fuerza de fricción estática y cinética para ambos materiales, así como los coeficientes de fricción.

Parte 1: Complete la gráfica de fuerza normal contra coeficiente de fricción estático

Fricción del fieltro

- Utilice los datos para encontrar la fuerza de fricción estática y la normal para cada repetición del fieltro. Escriba los resultados en *DataStudio* en la tabla correspondiente (*Table 1 – Felt*).
1. En la tabla 1 escriba 0 en ambas columnas de la primera fila. Pese el accesorio de fieltro e ingrese su peso como la fuerza normal.
 2. En la gráfica *Frictional Forces* seleccione *Run #1* del menú *Data*. Subraye el pico más grande y el valor máximo aparecerá en el recuadro. Éste es el valor de la fuerza de fricción estática. Agréguelo en la segunda fila de la tabla 1.
 3. Repita el proceso para obtener la fuerza normal y la fuerza de fricción estática para *Run #2* y *Run #3*. Guarde sus resultados en la tabla 1 (ésta deberá tener cuatro valores en cada columna).
 4. Presione *Scale to Fit* si fuese necesario, y en el menú *Fit* seleccione el ajuste lineal (*Linear*). Guarde la pendiente m .

Fricción del corcho

5. Repita el procedimiento en las repeticiones *Run #4*, *Run #5* y *Run #6* y registre los resultados en la tabla 2.

Parte 2: Complete la gráfica de fuerza normal contra coeficiente de fricción estático

Fricción del fieltro

1. En la tabla 3 escriba 0 en ambas columnas de la primera fila, y el valor de la fuerza normal en la primera columna. Estos valores serán los mismos de la primera columna de la tabla 1.
2. En la gráfica *Frictional Forces* seleccione *Run #1* del menú *Data*. Subraye la parte plana inmediata después del pico más grande y justo antes de la caída. El valor medio (*mean*) aparecerá en el recuadro. Este valor medio es la fuerza de fricción cinética. Agréguelo en la segunda fila de la tabla 3.
3. Repita el proceso para obtener la fuerza normal y la fuerza de fricción estática para *Run #2* y *Run #3*. Guarde sus resultados en la tabla 3
4. Dicha tabla deberá tener cuatro valores en cada columna. Vea la gráfica de fuerza normal contra fuerza de fricción estática.
5. Presione *Scale to Fit* si fuese necesario, y del menú *Fit* seleccione el ajuste lineal (*Linear*). Guarde la pendiente m .

Fricción del corcho

6. Repita el procedimiento anterior para obtener la fuerza normal y la fuerza de fricción cinética para *Run #4* —sin masa agregada—, *Run #5* y *Run #6*. Guarde sus resultados en la tabla 4.
7. Dicha tabla deberá tener cuatro valores en cada columna. Vea la gráfica de fuerza normal contra fuerza de fricción cinética. Los puntos deberán ser graficados.

8. Presione *Scale to Fit* si fuese necesario, y del menú *Fit* seleccione el ajuste lineal (*Linear*). Registre la pendiente m .

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

Tabla de datos

Material	Coefficiente de fricción estático	Coefficiente de fricción cinética
Fieltro		
Corcho		

PREGUNTAS

1. Realice el diagrama de cuerpo libre necesario para obtener los datos del experimento.
2. Cuando un objeto está en contacto con una superficie, ¿cómo afecta a las fuerzas de fricción el material del cual está hecho el objeto?
3. ¿Cómo afecta la fuerza normal a las fuerzas de fricción?
4. ¿Cuál es la cantidad física representada por la pendiente de las gráficas de la fricción contra la normal?
5. ¿Qué patrón notó en los coeficientes de fricción?
6. ¿Qué le pasa a la fuerza de fricción estática si la masa se incrementa?
7. ¿Qué sucede con la fuerza de fricción cinética si se aumenta la masa?
8. ¿Cuáles son las unidades para la pendiente en cada gráfica? Explique.

9. Con base en sus experiencias con los accesorios de fricción, ¿qué pasa cuando un carro de detiene patinando, es decir, las llantas *se amarran*? ¿Qué fuerza de fricción es la que está actuando? ¿Cómo lo sabe?

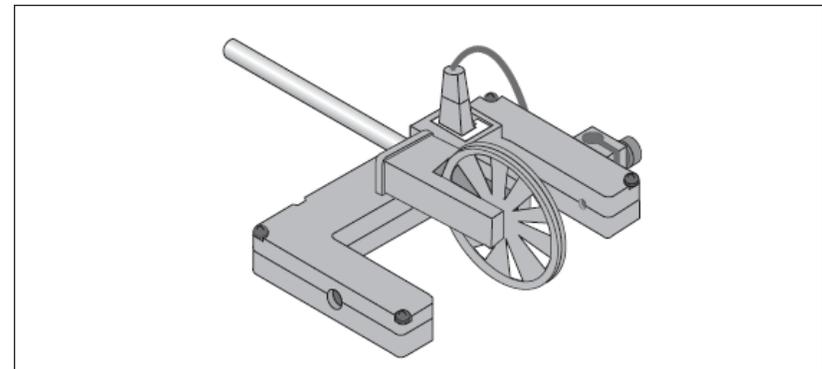
EXPERIMENTO 2: FOTOCOMPUERTA

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Conecte la fotoc compuerta al canal digital de la interfaz.
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

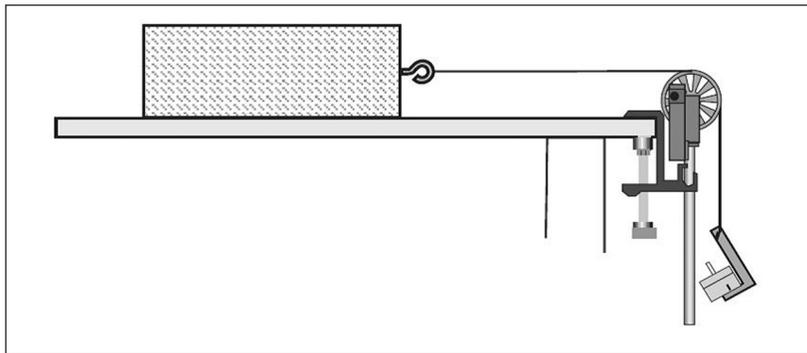
Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *21 Friction Factors.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra



la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

5. El archivo contiene una gráfica de velocidad contra tiempo.
6. Utilice la barra de la polea para unir ésta a la fotoc compuerta.
7. Use la abrazadera para montar verticalmente la barra de la polea a la orilla de la mesa.
8. Mida la masa del bloque de fricción y guarde este valor.
9. Utilice una cuerda de alrededor de 10 centímetros más grande que la distancia de la mesa al suelo.
10. Sujete un extremo de la cuerda al bloque.
11. Ponga la cuerda sobre la ranura de la polea. Amarre el extremo sobrante al gancho de masas y coloque el sistema de fotoc compuerta/polea tal como se muestra en la figura.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja el aparato y otra se encarga de la computadora. Es importante nivelar el sensor de fuerza antes de cada experimento.

Parte A: Superficie grande y lisa

1. Ponga el lado liso del bloque contra la superficie de la mesa.
2. Coloque suficientes masas en el gancho para que el bloque se deslice en la superficie sin que sea necesario un empuje inicial. Mida y guarde el valor total de la masa colgante (recuerde incluir la masa del gancho).
3. Jale el bloque alejándolo de la polea hasta que la masa casi llegue hasta la polea. Sostenga el bloque en esta posición y mueva la fotoc compuerta hasta que el rayo de ésta no esté bloqueado.
4. Presione *Start* para iniciar la captura de datos.
5. Libere el bloque.
6. Presione *Stop* para detener la captura de datos antes de que el bloque golpee contra la polea. Los datos capturados aparecerán como *Run #1*.
7. Repita el procedimiento para obtener un segundo conjunto de datos para la misma superficie y masa del gancho. Los datos capturados aparecerán como *Run #2*.

Parte B: Bloque de diferente masa

8. Duplique la masa del bloque colocándole encima una masa aproximadamente igual a la de éste y repita el procedimiento. Mida y guarde la masa total del bloque más la masa adicional (M).
9. Duplique la masa en el gancho y repita el procedimiento. Mida y guarde la masa total del gancho más la masa adicional (M).

Parte C: Diferente área de superficie

10. Remueva la masa adicional del bloque y del gancho para regresar a las masas originales de la parte A.
11. Coloque el bloque en la parte lisa de menor superficie.
12. Repita el procedimiento y compare los resultados con los de la parte A.

Parte D: Diferente material en la superficie

13. Ponga el bloque en la mesa en la parte de mayor área y con superficie rugosa.
14. Coloque suficientes masas en el gancho para que el bloque se deslice en la superficie sin que sea necesario un empuje inicial. Mida y guarde el valor total de la masa colgante, recordando incluir la masa del gancho.
15. Guarde una repetición del experimento con estas nuevas masas para analizar cómo los diferentes materiales afectan al coeficiente de fricción cinética.
16. Ponga el bloque en la parte rugosa de menor superficie.
17. Capture los datos utilizando la misma masa colgante que la que utilizó para el área grande y rugosa, para que pueda comparar los resultados con aquellos obtenidos en este tipo de superficie.

Parte E: Bloque de diferente masa

18. Regrese el bloque a la orientación original, tal como en la parte A.

19. Ponga una cantidad de masa que sea mayor que la cantidad que utilizó en la parte A. Mida y guarde la masa colgante total.
20. Capture los datos tal como en la parte A.
21. Repita el procedimiento utilizando dos totales diferentes de masa de mayor valor. Recuerde guardar los valores de las masas totales.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

Repetición #	Parte y descripción
1	A, lado mayor y liso
2	A, lado mayor y liso
3	B, masa mayor en el bloque y en el gancho
4	C, lado menor y liso
5	D, lado mayor y rugoso
6	D, lado menor y rugoso
7	E, masa colgante mayor 1
8	E, masa colgante mayor 2
9	E, masa colgante mayor 3

1. Determine la aceleración experimental para cada una de las repeticiones. Encuentre la pendiente de la gráfica de velocidad contra tiempo, que es la aceleración promedio del bloque.
2. En *DataStudio*, seleccione *Run #1* en el menú *Data* que se encuentra en el despliegue de la gráfica. Si se muestran varias repeticiones, seleccione *No Data* del menú *Data* y después seleccione *Run #1*. Presione el botón *Scale to Fit* para reescalar los ejes de la gráfica para ajustar los datos. Presione el menú *Fit* y escoja *Linear Fit*.
3. Guarde el valor de la pendiente (m) para el ajuste lineal. Repita el procedimiento anterior para cada una de las repeticiones.

- Utilizando los valores de las masas y el valor de aceleración, determine y guarde el coeficiente de fricción cinético para cada una de las repeticiones.

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

Tabla de datos

Repetición	M Masa total del bloque (kg)	M Masa total de la masa colgante (kg)	a_{exp} aceleración (m/s ²)	μ_k coeficiente de fricción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Sumario

Repetición #	Parte y descripción	μ_k
1	A, lado mayor y liso	
2	A, lado mayor y liso	
3	B, masa mayor en el bloque y en el gancho	
4	C, lado menor y liso	
5	D, lado mayor y rugoso	
6	D, lado menor y rugoso	
7	E, masa colgante mayor 1	
8	E, masa colgante mayor 2	
9	E, masa colgante mayor 3	

PREGUNTAS

- Realice el diagrama de cuerpo libre necesario para obtener los datos del experimento.
- ¿Cómo varía el coeficiente de fricción cinético con respecto a la masa del bloque?
- ¿Cómo cambia este coeficiente con respecto al área de contacto entre el bloque y la superficie horizontal?
- ¿Cómo varía el mismo coeficiente con respecto al material entre el bloque y la superficie horizontal?
- Cuando usó diferentes tipos de materiales, ¿se alteró el coeficiente de fricción cinética con el área de contacto entre el bloque y la superficie horizontal?
- ¿Cómo se modifica el coeficiente de fricción cinético con respecto a la velocidad debido al diferente valor de las masas colgantes?
- ¿Cuál es la relación entre el coeficiente de fricción cinético, la masa, el área de superficie, o la velocidad del objeto?
- Cuando se incrementa la masa del bloque, ¿aumenta la fuerza de fricción cinética? ¿Por qué?

PRÁCTICA 16. FUERZAS DE RESISTENCIA EN FLUIDOS

DIN - 16. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El propósito de esta práctica es mostrar experimentalmente el efecto de fuerzas de resistencia en el movimiento de un cuerpo. Dichas fuerzas pueden ser estudiadas bajo diferentes conceptos: ecuaciones de movimiento, análisis de fuerzas por diagrama de cuerpo libre y a través de la conservación de la energía mecánica. Los temas descritos son el 2.1 y 3.1-3.8 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Los antiguos filósofos griegos —entre ellos Aristóteles— creían que un cuerpo sólo podía estar en movimiento si se le aplicaba una fuerza externa. Dicha afirmación se debe a sus observaciones. Por ejemplo, una piedra no se moverá a menos que se le aplique

una fuerza y, al hacerlo, el cuerpo se moverá hasta aquel momento donde la fuerza externa se elimine. Sin embargo, si aplicamos este mismo razonamiento a un cuerpo que se lanza en un fluido —digamos, una pelota—, no es claro cuál es la fuerza que permite que el objeto se mantenga en movimiento; nadie empuja o jala la pelota, pero se mueve hasta caer al suelo.

Gracias al trabajo experimental de Galileo y a la fundamentación de las leyes de Newton, sabemos que el razonamiento de Aristóteles era erróneo. La primera ley de Newton afirma que un cuerpo en movimiento rectilíneo uniforme continuará en esta clase de movimiento hasta que una fuerza externa haga que cambie su velocidad.

En el caso más general, la fuerza externa causante de que un cuerpo en movimiento se detenga se le conoce como fuerza de resistencia. En particular, para un sólido deslizándose, se denomina fuerza de fricción, mientras que a las fuerzas de un sólido moviéndose en un fluido se les llama fuerzas viscosas.

Con base en la segunda ley de Newton se determina que la fuerza de resistencia (f) de un cuerpo cayendo en un fluido está dado por

$$f_r = m_c \left(g - \frac{2h}{t_p^2} \right), \quad (25)$$

en donde m_c es la masa del cuerpo en movimiento, g es la aceleración de la gravedad, h es la altura de la columna de fluido y t_p es el tiempo promedio que tarda el cuerpo en recorrer la distancia h .

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
6	Probetas de 100 ml	–
–	Material de limpieza para probetas	–
6	Canicas de vidrio (iguales)	–
1	Báscula (debe ser capaz de pesar las canicas)	–
3	Cronómetros	–
1	Cinta métrica	–
1	Vernier	–
1	Rollo de papel absorbente (papel de cocina)	–
100 ml	Miel de abeja	–
100 ml	Jarabe de azúcar	–
100 ml	Aceite de motor de carro (mínimo 40)	–
100 ml	Aceite vegetal de cocina	–
100 ml	Aceite de bebé	–
100 ml	Jabón líquido	–

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Coloque las seis probetas sobre papel absorbente en la mesa de trabajo.

2. Llene cada probeta con un líquido diferente y mida la altura de la superficie al fondo de la probeta. Guarde este valor.
3. Utilizará una canica diferente para cada probeta. Pese cada canica y guarde este registro.
4. Mida el radio de cada canica y guarde este valor.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Encuentre la densidad de cada fluido con la formula , donde m_f es la masa del fluido y V es su volumen.
2. Anote los resultados para la densidad, radio y masa de la canica obtenidos en la tabla que se muestra a continuación:

	Miel de abeja	Jarabe de azúcar	Aceite de motor	Aceite de cocina	Aceite de bebé	Jabón líquido
Masa de la canica (m_c)						
Radio de la canica (r)						
Densidad (ρ)						

3. Deje caer la canica desde la superficie del líquido. Trate de que caiga en el centro del cilindro.
4. Tome el tiempo con los tres cronómetros hasta que la canica toque el fondo de la probeta.
5. Compare los tiempos de los tres cronómetros (t_1 , t_2 y t_3). Si la diferencia entre los tres tiempos es menor a 5% encuentre el promedio (t_p). En caso contrario, deseche los resultados y repita la medición.

Nota: Al finalizar la práctica recuerde que debe lavar y secar el equipo utilizado.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Anote los resultados obtenidos en la tabla que se presenta más adelante. Para cada repetición encuentre el valor promedio del tiempo t_p .

	Miel de abeja	Jarabe de azúcar	Aceite de motor	Aceite de cocina	Aceite de bebé	Jabón líquido
Tiempo 1 (t_1)						
Tiempo 2 (t_2)						
Tiempo 3 (t_3)						
Tiempo promedio (t_p)						

2. Utilice la ecuación 22 —presentada en la introducción de esta práctica— para calcular la fuerza de resistencia de cada fluido.

	Miel de abeja	Jarabe de azúcar	Aceite de motor	Aceite de cocina	Aceite de bebé	Jabón líquido
Fuerza de resistencia (f_r)						

ANÁLISIS

1. Calcule la viscosidad de cada fluido utilizando la siguiente fórmula:

$$\nu = \frac{\rho g r t_p}{9h}$$

en donde, ρ es la densidad del fluido, g es la aceleración de la gravedad, r es el radio de la canica, h es la altura de la columna de fluido, y t_p es el tiempo promedio.

	Miel de abeja	Jarabe de azúcar	Aceite de motor	Aceite de cocina	Aceite de bebé	Jabón líquido
Viscosidad (ν)						

PREGUNTAS

1. Deduzca y presente en su reporte la ecuación 22.
2. Escriba un reporte de una cuartilla en el que presente la definición y aplicaciones de la viscosidad.
3. ¿Cómo se relacionan las fuerzas de resistencia y la viscosidad en cada fluido?
4. ¿Los resultados eran los que esperaba?
5. ¿La densidad del fluido tiene una relación con la fuerza de resistencia?

PRÁCTICA 17. VELOCIDAD TERMINAL

DIN - 17. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El propósito de esta práctica es analizar si la masa y/o forma de un objeto afecta su velocidad terminal en caída libre. Con base en los experimentos aquí presentados se analizarán los temas 1.2.1-1.2.6 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Cuando un objeto cae a través del aire, ¿qué sucede con la velocidad del objeto? ¿Tiene la masa algún efecto sobre la velocidad? Se sabe que cuando un cuerpo cae sufre una aceleración debido a la atracción gravitacional de la Tierra sobre éste. Sin embargo, se puede analizar la caída de una gota de lluvia, la cual proviene de

grandes alturas y, por lo tanto, tiene la oportunidad de acelerar en un gran periodo de tiempo. Se sabe que la velocidad de un cuerpo es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo a la cual está siendo acelerada ($v^2 = v_0^2 + 2ad$); es decir, entre mayor altura y/o mayor tiempo, mayor será la velocidad. Entonces, ¿por qué las gotas de lluvia no viajan a velocidades extremadamente altas cuando llegan a la superficie de la Tierra? La respuesta es sencilla: el movimiento de una gota de lluvia no es caída libre; el aire opone resistencia al movimiento de la partícula.

La velocidad final (o velocidad terminal) se define como la velocidad de un objeto que cae cuando la resistencia del aire que actúa sobre el objeto es igual al peso de éste. La resistencia depende de la sección transversal del cuerpo que cae y de la densidad y el coeficiente del aire (una constante que se determina empíricamente). Si la cantidad de resistencia en un objeto es constante, ¿cómo el peso del objeto determinará la velocidad de la caída?

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual el lector encontrara dos descripciones completas en lo que se refiere a mon-

taje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Cinta métrica	SE-8712
3	Figuras de papel de formas diferentes construidas con la misma cantidad de papel	–
12	Filtro de café	–

Experimento 1: Velocidad terminal para objetos de diferente área de superficie y masa constante.

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento en la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor de movimiento se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestra el dibujo de una persona).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *22A Terminal Velocity 1.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad contra tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 50 hertz (50 muestras por segundo). La condición de arranque se retrasa hasta que el objeto esté 1.5 metros por encima del sensor, y la condición de para detenerse automáticamente es cuando el objeto se encuentre a 0.5 metros sobre el sensor.

5. Coloque un sensor de movimiento en el suelo y asegúrese de que el dispositivo esté mirando hacia arriba.
6. Sostenga ligeramente la figura más grande 1.5 metros sobre el sensor de movimiento.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los objetos que caen y otra opera la computadora.

1. Presione *Start* en *DataStudio*. Los datos no comenzarán a recopilarse sino hasta que la posición sea inferior a 1.5 metros.

La captura de datos se detendrá automáticamente cuando la figura esté a 0.5 metros por encima del sensor.

2. Repita el procedimiento con cada figura.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Con la herramienta *Smart Tool* determine la velocidad de cada figura a los 0.25 segundos. Anote este resultado en la tabla presentada a continuación:

Repetición	Figura	Velocidad de la figura (m/s)
1	Grande	
2	Mediana	
3	Pequeña	

2. ¿Qué le sucede a la aceleración a medida que la figura cae? En el menú *Fit* seleccione el ajuste lineal (*Linear*) para encontrar la pendiente en la gráfica de velocidad contra tiempo de cada figura. Guarde el valor de la pendiente (m).

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Qué le pasa a la aceleración mientras caen las figuras?
2. ¿Qué significa que la aceleración disminuya y cómo se relaciona con la fuerza neta sobre la figura?

3. ¿Qué aspecto de forma de la figura determina que tan rápido caerá del aire?
4. ¿Cómo afectaría una forma aerodinámica del objeto la gráfica velocidad-tiempo? (las figuras aerodinámicas son aquellas que reducen al mínimo el área de su superficie con respecto al movimiento del aire).

Experimento 2: Velocidad terminal para objetos de área de superficie constante y diferente masa

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de una persona).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Abra el archivo *22B Terminal Velocity 1.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad contra tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede

localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 50 hertz (50 muestras por segundo). La condición de arranque se retrasa hasta que el objeto esté 1.5 metros por encima del sensor, y la condición de para detenerse automáticamente es cuando el objeto se encuentre a 0.5 metros sobre el sensor.

- Coloque un sensor de movimiento en el suelo y asegúrese de que el dispositivo esté mirando hacia arriba.
- Sostenga tres filtros de café ligeramente a más de 1.5 metros directamente sobre el sensor de movimiento.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja el aparato y otra opera la computadora.

- Presione *Start* en *DataStudio*. El primer ensayo de los filtros de café aparecerá en la primera celda de la tabla. Los datos no serán recopilados hasta que el valor sea inferior a 1.5 metros.
- Para el segundo ensayo use seis filtros de café.
- Repita el procedimiento para ejecutar dos repeticiones más, utilizando nueve y 12 filtros de café, respectivamente.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

- Con la herramienta *Smart Tool* determine la velocidad de cada repetición a los 0.3 segundos. Anote este resultado en la tabla presentada a continuación:

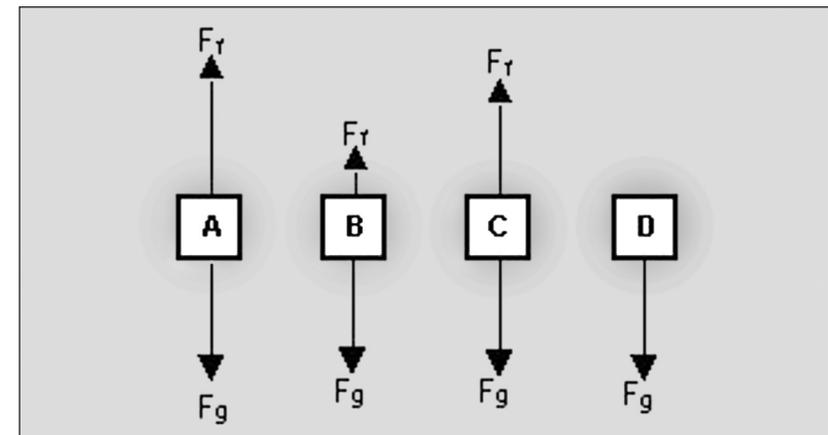
Repetición	Filtros	Velocidad de la figura (m/s)
1	3	
2	6	
3	9	
4	12	

- ¿Qué le sucede a la aceleración a medida que la figura cae? Del menú *Fit* seleccione el ajuste lineal (*Linear*) para encontrar la pendiente de cada repetición en la gráfica de velocidad contra tiempo. Guarde el valor de la pendiente (m).

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

- ¿Por qué la velocidad de los filtros es negativa?



2. ¿Cómo se compara la velocidad de la repetición 1 (tres filtros) con la repetición 4 (12 filtros)?
3. ¿Cómo se compara la aceleración de la repetición 2 (tres filtros) con la repetición 4 (12 filtros)? Utilice los siguientes diagramas para contestar las preguntas 4 y 5.
4. ¿Cuál diagrama de fuerza refleja con precisión las fuerzas iniciales al caer (repetición 1 con tres filtros)?
5. ¿Cuál diagrama de fuerza refleja con precisión las fuerzas finales de la repetición 1?
6. ¿Por qué la velocidad tiende a ser constante? (aceleración nula).
7. ¿Por qué una masa mayor tiene velocidad superior final en relación con una masa menor?

PRÁCTICA 18. CONSERVACIÓN DEL MOMENTUM EN COLISIONES

DIN - 18. DURACIÓN: DOS HORAS

I. OBJETIVO

El propósito de esta actividad es analizar la cantidad de *momentum* antes y después de una colisión. En particular, se realizarán dos experimentos: el primero para colisión elástica y el segundo para una inelástica. En ambos se desea demostrar al usuario que el *momentum* se conserva.

Con esta práctica se pretende, simultáneamente, verificar experimentalmente los temas 3.10 y 3.12 de la carta descriptiva.

II. INTRODUCCIÓN

Cuando existe una colisión entre cuerpos, cualesquiera que sean estos, los resultados pueden ser complejos; sin embargo, un princi-

pio físico básico se mantiene evidente y nos provee de una excelente herramienta para analizar la dinámica de la colisión, siempre y cuando no actúen fuerzas externas sobre los cuerpos. Este principio se conoce como conservación del *momentum*. En particular, para la colisión elástica de dos cuerpos, se puede escribir como:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}, \quad (26)$$

en donde el lado izquierdo de la ecuación es el *momentum* total antes de la colisión, y el derecho, después de la colisión.

El cambio de *momentum* en una colisión elástica para cada objeto se puede expresar de la siguiente manera:

$$m_1 \Delta v_1 = m_2 \Delta v_2, \quad (27)$$
$$m_1 (v_{1f} - v_{1i}) = m_2 (v_{2f} - v_{2i}).$$

En una colisión totalmente inelástica, los dos objetos quedan unidos después de la colisión, por lo que podemos expresar el principio de conservación del *momentum* como sigue:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f \quad (28)$$

Esta práctica consiste en dos experimentos, por lo cual encontrará dos descripciones completas en lo que se refiere a montaje del experimento, procedimiento experimental, datos experimentales y preguntas.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
2	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Pista dinámica	ME-9435 A
2	Carro dinámico	ME-9430
1	Báscula	SE-8723

IV. MONTAJE GENERAL DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.

2. Enchufe ambos sensores de movimiento en la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro, respectivamente, en las entradas digitales 1 y 2 para el primer sensor, y en las entradas digitales 3 y 4 para el segundo sensor. Verifique que ambos sensores de movimiento se encuentren en la posición *cerca* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de un carro).
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

4. Asegúrese de que los imanes se encuentran en un extremo de los carros; pueden repelerse a medida que se acerquen uno al otro. Nombre a un carro *carro 1*, y al otro, *carro 2*.
5. Pese cada carro y guarde estos valores.
6. Inserte los pies a la pista y nivélela. Utilice el indicador de ángulos o los tornillos en los pies hasta que los carros no rueden libremente (también puede utilizar su celular si tiene el programa requerido).

Nota: Para obtener resultados adecuados es muy importante que la pista esté nivelada.

7. Coloque el *sensor 1* del lado izquierdo de la pista, y el *sensor 2*, en el derecho.
8. Asegúrese de que el sensor está a cero grados y apuntando al centro de la pista.
9. Coloque el *carro 1* del lado izquierdo de la pista, y el *carro 2*, del lado derecho. Para estos experimentos se considera movimiento positivo hacia la derecha y negativo a la izquierda.

Experimento 1: Colisión inelástica

IV. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *23A Momentum 1.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad contra tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).
2. Asegúrese de que el velcro en cada carro se encuentre en la parte interna de la pista.

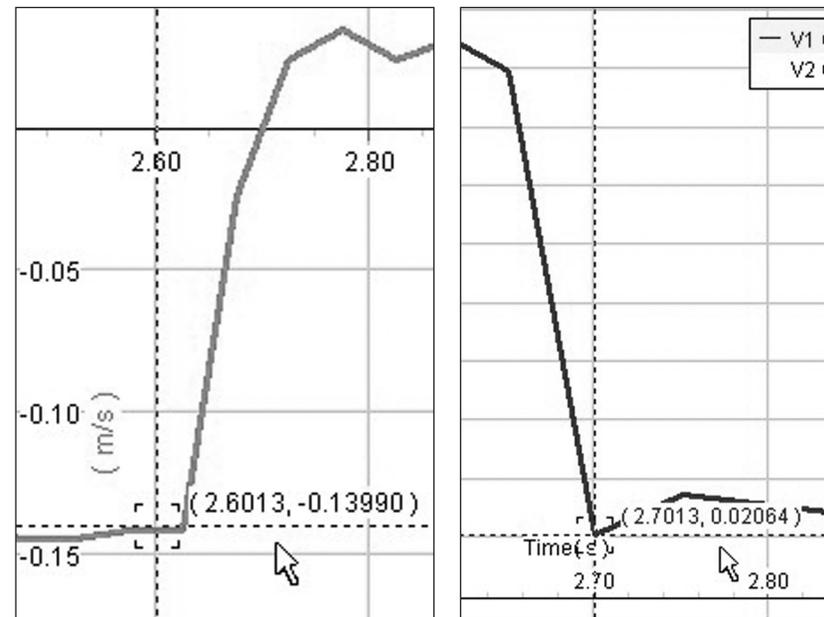
V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

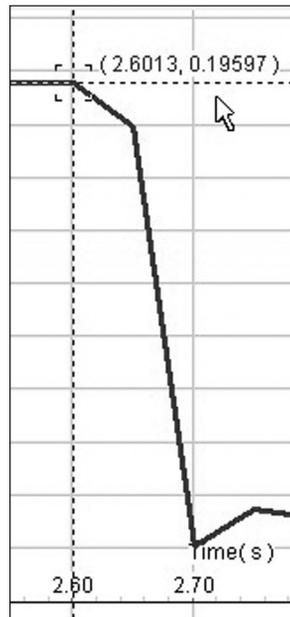
Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los objetos que se mueven y otra opera la computadora.

1. Coloque ambos carros a 15 centímetros de su sensor correspondiente.
2. Presione *Start* y empuje suavemente cada carro hacia el otro como muestra la figura.
3. Recolecte datos hasta que los carros hayan chocado y se mantengan unidos.
4. Presione *Stop*.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. En el recuadro seleccione *V Cart 1 Run #1*. Presione el botón *Smart Tool* y mueva la herramienta al punto donde inicia y al punto donde termina la colisión (velocidad inicial y final del carro 1, respectivamente) para encontrar el cambio de la velocidad justo antes y después de la colisión.
2. Repita el paso 1 para *V Cart 2 Run #1* correspondiente al carro 2.
3. Presione nuevamente *Smart Tool* para desactivar la herramienta.





4. Guarde las velocidades.
5. Utilice la masa y el cambio de velocidad de cada carro para calcular el *momentum* antes de la colisión. Encuentre el *momentum* total antes de la colisión (la suma del *momentum* de ambos carros).
6. Calcule el *momentum* después de la colisión. Recuerde que esto es la suma de la masa de ambos carros multiplicada por la velocidad.

Carro	Masa (kg)	Velocidad inicial (m/s)	Momentum antes de la colisión (kg m/s)	Momentum total antes de la colisión (kg m/s)
1				
2				

Carro	Masa (kg)	Velocidad final (m/s)	Momentum después de la colisión (kg m/s)
1 + 2			

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se compara el *momentum* inicial con el *momentum* final?
2. ¿Qué factores considera que pudieran hacer que el *momentum* inicial difiera del final?

Experimento 2: Colisión elástica

IV. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *23B Momentum 1.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo *DataStudio* contiene una gráfica de velocidad contra tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

2. Asegúrese de que el imán en cada carro se encuentre en la parte interna de la pista.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja los objetos que se mueven y la otra opera la computadora.

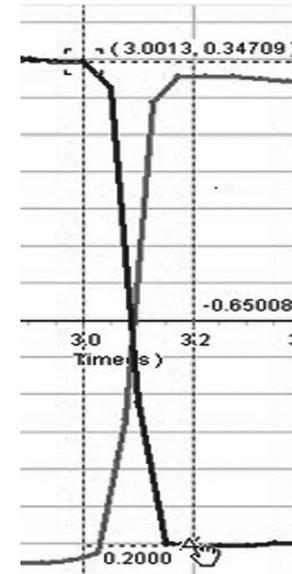
1. Coloque ambos carros a 15 centímetros de su sensor correspondiente.
2. Presione *Start*. Empuje suavemente cada carro hacia el otro.
3. Recolecte datos hasta que los carros hayan chocado y se encuentren separados (use su criterio).
4. Presione *Stop*.



VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Para encontrar el cambio de la velocidad justo antes y después de la colisión, en el recuadro seleccione *V Cart 1 Run #1* y presione el botón *Smart Tool*.
2. Mueva la herramienta *Smart Tool* al punto donde inicia la colisión. Desplace el cursor a la esquina inferior derecha de *Smart Tool* hasta que aparezca una delta.

3. Arrastre la delta en *Smart Tool* hasta el punto donde termina la colisión. Anote los valores *X* y *Y* de delta.



4. En el recuadro seleccione *V Cart 2 Run #1*. Repita el procedimiento anterior para encontrar delta *X* y delta *Y*.

Carro	Masa (kg)	Cambio de velocidad (m/s)	Cambio de momentum (kg m/s)
1			
2			

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se compara el cambio del *momentum* del carro 1 con el del 2?
2. ¿Qué factores considera que pudieran hacer que el *momentum* inicial difiera del final?
3. ¿Cómo se compara el *momentum* total antes de la colisión con el *momentum* total después de ésta?

PRÁCTICA 19. IMPULSO Y CAMBIO DE *MOMENTUM*

DIN - 19. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVOS

Esta actividad tiene como objetivo determinar la similitud entre el cambio del *momentum* y el impulso en una colisión, tal como se presenta en los temas 3.10-3.12 de la carta descriptiva

II. INTRODUCCIÓN

El impulso (\vec{J}) de una fuerza es el producto del promedio de la fuerza por el intervalo de tiempo en el cual la fuerza actúa:

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t. \quad (29)$$

El impulso es una cantidad vectorial que tiene la misma dirección que la fuerza promedio y sus unidades son el newton≡segundos (N≡s) en el sistema internacional y la libra por segundos (lb≡s) en el sistema inglés.

Cuando una fuerza neta actúa sobre un objeto en un intervalo de tiempo insignificante, el impulso será igual al cambio en el *momentum* del objeto:

$$\vec{J} = \Delta\vec{p}. \quad (30)$$

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Sensor de fuerza	CI-6746
1	Pista dinámica	ME-9435 A
1	Carro dinámico	ME-9430
1	Accesorio de fuerza	CI-6545
1	Báscula	SE-8723

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestre el dibujo de una persona).
3. Conecte el sensor de fuerza al canal análogo 1 de la interfaz.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

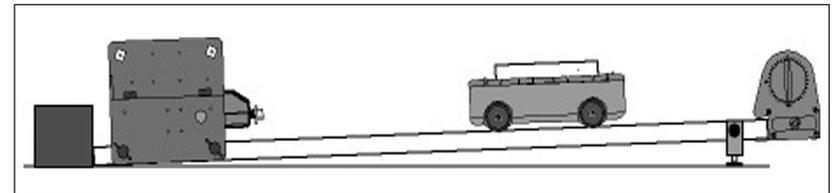
5. Abra el archivo *24 Impulso.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.

- El archivo tiene dos gráficas: la primera muestra la velocidad en función del tiempo, y la segunda, la fuerza en función del tiempo. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 50 hertz (50 muestras por segundo) para el sensor de movimiento y 500 hertz para el sensor de fuerza.

Nota: La captura iniciará cuando el sensor perciba una fuerza mayor a 0.001 N.

6. Coloque el sensor de fuerza en el accesorio de fuerza y ajuste éste a la pista utilizando los tornillos en T en el costado del accesorio.

7. Coloque los pies de la pista en sus extremos. Ajuste uno de ellos a su mínima extensión y el otro a su máxima, de tal forma que la pista quede inclinada.
8. Inserte el sensor de movimiento en el extremo elevado. Este será su punto de inicio para cada repetición.
9. El extremo de la pista que contiene el sensor de fuerza (el menos elevado) deber ser recargado contra un objeto pesado y sólido, de tal forma que no se mueva durante la colisión.
10. Coloque la defensa magnética (*magnetic bumper* es parte del accesorio de fuerza) enfrente del sensor de fuerza.
11. Coloque 250 o 500 gramos en la bandeja del carro. Pese el carro y la masa y guarde este valor.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona opera la computadora y otra se hace cargo del carro.

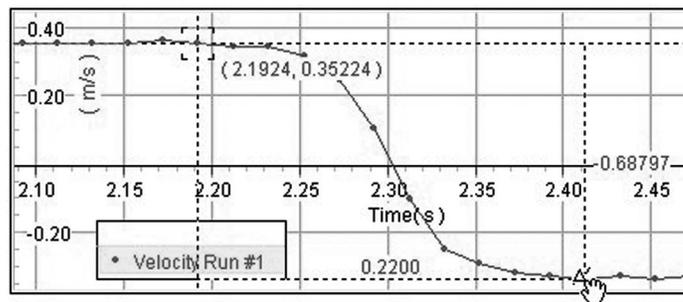
Nota: No olvide presionar *Tare* (a un costado del sensor de fuerza) antes de cada repetición.

1. Sostenga el carro a 15 centímetros del sensor de movimiento.
2. Presione *Start* en *DataStudio* y después suelte el carro. La recolección de datos iniciará cuando el carro golpee al sensor de fuerza.

3. Presione *Stop* después de que el carro haya rebotado posteriormente a la colisión.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Utilice la herramienta *zoom* para expandir la región de la curva que muestra la colisión.
 - En el recuadro se observa el área bajo la curva que registra la colisión entre el carro y el sensor de fuerza. Guarde el valor del área. Esto será el impulso.
2. Seleccione la gráfica de velocidad. Presione el botón de la herramienta *Smart Tool* y arrástrela hasta el punto de la curva que indica el inicio de la colisión, es decir, aquel que se encuentra justo antes de que la curva comience a disminuir.
3. Mueva el cursor a la esquina inferior derecha de *Smart Tool*. El cursor se transformará en un triángulo (delta).
4. Arrastre la herramienta delta al punto inferior de la curva que marca el fin de la colisión. El valor en



el cambio de la coordenada *Y* es la modificación de la velocidad antes y después de la colisión. Guarde este valor.

5. Calcule el cambio en el *momentum*. Para ello, multiplique la masa total del carro por la variación de la velocidad de éste.
6. Compare el cambio en el *momentum* con el impulso (área bajo la curva de la fuerza) y calcule la diferencia porcentual ($\Delta\%$).

$$\Delta\% = \left| \frac{J - \Delta p}{\Delta p} \right| \times 100\%$$

Masa (kg)	Cambio en la velocidad (m/s)	Cambio en el momentum (kg m/s)	Impulso (N s)	$\Delta\%$

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Por qué la velocidad del carro cambia de positivo a negativo, respectivamente, antes y después de la colisión?
2. ¿Por qué el área bajo la curva (gráfica de la fuerza) es igual al impulso?
3. ¿Cuáles pudieran ser las razones por las que existe una diferencia entre el cambio en el *momentum* y el impulso?
4. ¿Cómo se compara el cambio del *momentum* con el impulso?
5. Los resultados que obtuvo, ¿sustentan la hipótesis inicial?

PRÁCTICA 20. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA PARA UN CUERPO EN CAÍDA LIBRE

DIN - 20. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVOS

El objetivo de esta actividad es investigar la relación entre energía cinética y potencial gravitacional para un objeto en caída libre. La carta descriptiva analiza los temas aquí presentados en las secciones 3.3, 3.4, 3.6, 3.8 y 3.9.

II. INTRODUCCIÓN

La energía cinética (K) es la que se obtiene al estar en movimiento. La cantidad de energía cinética de un cuerpo depende de su masa (m) y su velocidad (v); es decir, entre más rápido se mueva y/o mayor masa tenga, mayor será su energía cinética. Matemáticamente se define como

$$K = \frac{1}{2}mv^2. \quad (31)$$

La energía potencial gravitacional (G) es la energía vertical obtenida al elevar un cuerpo con respecto a un punto, por ejemplo, la superficie terrestre. Esta energía dependerá de dos factores: la altura a la que se elevó el objeto (h) y su peso (mg):

$$G = mgh \quad (32)$$

Al dejar caer un cuerpo, éste perderá energía potencial, ya que la altura disminuye, pero ganará energía cinética, ya que su velocidad aumenta debido a la aceleración de la gravedad. Sin embargo, la suma de ambas energías ($K + G$) se mantendrá constante. Este principio se conoce como conservación de la energía mecánica, la cual se define como

$$E = K + G \quad (33)$$

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de movimiento	CI-6742
1	Base universal grande	ME-8735
2	Varilla 45 centímetros	ME-8736
1	Abrazadera doble	ME-9873
1	Pelota de béisbol o basquetbol	-

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento a la interfaz en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor se encuentre en la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestra el dibujo de una persona).
3. Conecte el sensor de fuerza al canal análogo 1 de la interfaz.
Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.
5. Abra el archivo *25 Discover Energy.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo contiene varias gráficas: energías en función del tiempo (*Two Energies versus Time*), energía total en función

del tiempo (*Total Energy versus Time*), y energía 1 contra energía 2 (*Energy #1 versus Energy #2*). El archivo cuenta también con varios cálculos: energía *G* (*Energy G*, de energía potencial gravitacional), energía *K* (*Energy K*, de energía cinética) y la energía total (*Total Energy*). En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 50 hertz (50 muestras por segundo) para el sensor de movimiento.

6. Con ayuda del soporte, barras y abrazadera doble, coloque el sensor de movimiento a 1.5 metros sobre el piso o una superficie sólida y lisa.
7. Rote el sensor hasta que éste se encuentre *mirando hacia abajo*. La distancia hacia el suelo se mide desde el generador del sensor.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona maneja la computadora y otra se hace cargo del carro.

1. Sostenga la pelota a 15 centímetros directamente abajo del sensor de movimiento.

2. Presione *Start* en *DataStudio* y después suelte la pelota. La captura de datos se detendrá automáticamente cuando la pelota llegue al suelo.
3. Repita el procedimiento tres veces.

5. ¿Qué información se puede obtener de la gráfica *Total Energy - Time* (energía total en función del tiempo)?
6. ¿Por qué motivo se “pierde” algo de energía al caer la pelota?

DATOS EXPERIMENTALES

Nota: Si quiere ver una sola repetición a la vez, lo puede lograr desactivando *Data Runs* con el botón *Data*.

1. Examine las gráficas y describa el comportamiento de cada una de las energías.
No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se compara el decremento de la energía potencial de la pelota con el incremento de la energía cinética?
2. ¿Qué sucede con la energía total a medida que la pelota cae?
3. ¿Qué le pasa a la energía potencial (*Energy #1*) a medida que la pelota cae?
4. ¿Qué ocurre con la energía cinética (*Energy #2*) a medida que la pelota cae?

PRÁCTICA 21.
LEY DE HOOKE Y LA ENERGÍA POTENCIAL DE UN RESORTE

DIN - 2 I. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVOS

El propósito de esta práctica es analizar experimentalmente las características físicas de un resorte. En este apartado se estudiará la ley de Hooke y la energía potencial que es capaz de almacenar un resorte. La carta descriptiva analiza los temas aquí presentados en las secciones 3.3, 3.4, 3.6, 3.8 y 3.9.

II. INTRODUCCIÓN

Suponga un resorte que se encuentra colgado verticalmente, el cual tendrá una longitud L (longitud en reposo) siempre y cuando no se le aplique una fuerza en alguno de los extremos (contracción y/o alongamiento). Si se agrega una masa al extremo libre se observará que la longitud del resorte incrementará una distancia ΔL ; es decir,

la distancia del soporte donde cuelga el resorte a la masa ahora será $L + \Delta L$. Como respuesta, el resorte ejercerá una fuerza restauradora proporcional a

$$F = -kx, \quad (34)$$

donde x es la distancia que el resorte se desplazó de su posición de equilibrio y k representa la constante de fuerza del resorte o simplemente la constante del resorte. El signo negativo indica que la fuerza es en sentido contrario al desplazamiento x .

Al estirar —o comprimir— un resorte se realiza un trabajo que quedará almacenado en forma de energía potencial (U). Por ello, la energía potencial es directamente proporcional al trabajo realizado sobre el resorte, que se puede expresar como

$$U = \frac{1}{2}Kx^2. \quad (35)$$

Esta práctica consiste en dos experimentos; sin embargo, el montaje del equipo (a excepción del archivo de trabajo), procedimiento experimental y datos experimentales es idéntico en ambos casos, así que sólo se escribirá una vez.

III. EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz ScienceWorkshop 750	CI-7579
1	Sensor de fuerza	CI-6746
1	Sensor de movimiento rotacional	CI-6538
1	Base universal grande	ME-8735
1	Varilla de 120 centímetros	ME-8741
1	Varilla de 45 centímetros	ME-8736
1	Abrazadera doble	ME-9873
1	Resorte	SE-8749
1	Accesorio de movimiento lineal	CI-6688

IV. MONTAJE GENERAL DEL EXPERIMENTO

1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Enchufe el sensor de movimiento rotacional (SMR) en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente. Verifique que el sensor se encuentre en

la posición *lejos* (el selector superior deberá estar en la opción que muestra el dibujo de una persona).

3. Conecte el sensor de fuerza al canal análogo 1 de la interfaz.
Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.
4. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.
5. Inserte la varilla de 120 centímetros en la base y coloque el SMR en la varilla.
6. Con ayuda de la segunda varilla y de la abrazadera doble, coloque el sensor de fuerza como se ve en la figura. El extremo que incluye un gancho debe apuntar hacia abajo.
7. Conecte el resorte en el gancho y en la parte superior del accesorio de movimiento lineal (AML).

Nota: Puede utilizar un clip para papel.

8. Gire la polea en el SMR de tal forma que el AML se encuentre se encuentre en el extremo superior.
9. Ajuste la posición del smr y el sensor de fuerza de tal forma que el resorte, que está conectado entre éstos, no esté restirado cuando el aml se encuentre en su posición superior, y no choque con nada cuando llegue al extremo inferior.

Nota: Asegúrese de que el sensor de fuerza, el SMR y resorte se encuentren verticales.

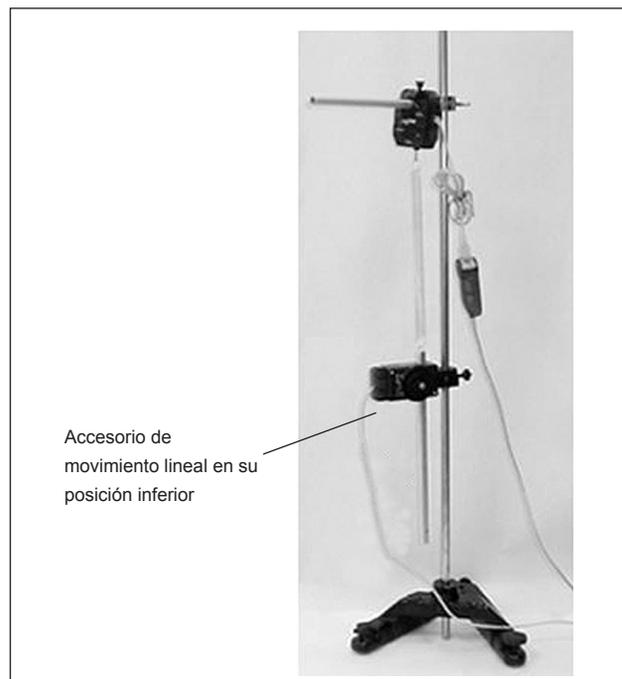
V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL GENERAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona se hace cargo de la computadora, y otra, del experimento.

1. Inicie con el AML en su posición inicial, de tal forma que el resorte no esté restirado.
2. Presione el botón *Tare*, a un costado del sensor de fuerza, para calibrarlo.
3. Oprima *Start* en *DataStudio*. Gire la polea del smr lentamente; notará que el aml comenzará a bajar y a su vez estirará al resorte. Entonces aparecerá una curva en la gráfica de fuerza en función del movimiento lineal (*Force vs. Linear Motion*).

Nota: Es muy importante girar la polea suavemente al realizar el experimento.

4. Cuando el AML llegue a su posición inferior presione *Stop*.



Experimento 1: Ley de Hooke

I. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *27 Hooke's Law.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* dirijase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo contiene una gráfica de fuerza como función de la distancia. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo) para ambos sensores.

II. DATOS EXPERIMENTALES

1. Presione el botón *Scale to Fit* para reescalar la gráfica.
2. Encuentre y guarde el valor de la pendiente (m) de la curva. Para ello presione *Fit* (ajuste) y luego *Linear Fit* (ajuste lineal).

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. ¿Es la curva de la fuerza una función lineal? De ser positiva la respuesta, ¿cuál es la relación entre la fuerza y la elongación?

2. ¿Qué significa físicamente la pendiente (m); es decir, a qué cantidad física se expresa a través de la pendiente m ?
3. ¿Qué fuentes de error se pueden identificar en este experimento?
4. ¿Cuál es la relación entre la fuerza ejercida y la elongación del resorte?

Experimento 2: Energía potencial de un resorte

IV. MONTAJE PARTICULAR DEL EXPERIMENTO

1. Abra el archivo *28 Spring Energy.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo contiene una gráfica de fuerza como función de la distancia. En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo) para ambos sensores.

V. DATOS EXPERIMENTALES

1. Presione el botón *Scale to Fit* para reescalar la gráfica.
2. Encuentre y guarde el valor de la pendiente (m) de la curva. Para ello presione *Fit* (ajuste) y luego *Linear Fit* (ajuste lineal). La pendiente será el valor de la constante del resorte (k).

3. Presione el botón *Statistics* (estadísticas), y del menú que aparece seleccione *Area*. El trabajo de estirar el resorte será igual al valor del área encontrada.
4. Mida la elongación del resorte y guárdela como x .

	Valor
Pendiente (m)	N/m
Área bajo la curva	N·m
Elongación (x)	m

5. Utilice el valor de la constante (k) [el valor de la pendiente (m)] y la elongación (x) para calcular la energía potencial almacenada en el resorte. Emplee la ecuación 34.
6. Calcule la diferencia porcentual entre la energía potencial del resorte (ecuación 34) y el área encontrada.

	Cálculo
Energía potencial del resorte	$N \cdot m$
Diferencia porcentual	m

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

1. El trabajo es la fuerza realizada por la distancia recorrida. Entonces, ¿por qué se utiliza el valor del área bajo la curva como el trabajo hecho?

2. ¿Cómo se compara dicho trabajo (área bajo la curva) con el trabajo calculado por la ecuación 34?
3. ¿Cuál es la relación entre la energía potencial almacenada en el resorte y el trabajo realizado para estirarlo?

PRÁCTICA 22.
LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN UN PÉNDULO SIMPLE

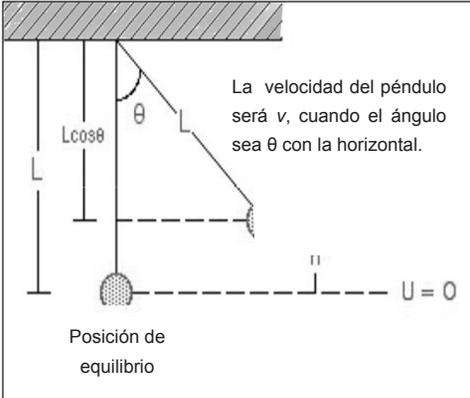
DIN - 22. DURACIÓN: UNA HORA

I. OBJETIVOS

El propósito de esta actividad es investigar cómo la energía en un péndulo simple se conserva mediante una continua transformación entre energía potencial gravitacional y energía cinética. La carta descriptiva analiza los temas aquí presentados en las secciones 3.3, 3.4, 3.6, 3.8 y 3.9.

II. INTRODUCCIÓN

El movimiento de oscilación de un péndulo es el resultado de la transformación de energía cinética a potencial gravitacional, y viceversa. Cuando el péndulo se mueve con una velocidad v y forma un ángulo θ con la vertical, se tiene que la energía cinética (K) y la energía potencial (U) están dadas por:



La velocidad del péndulo será v , cuando el ángulo sea θ con la horizontal.

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= mgh = mg(L - L\cos\theta) \quad (36)$$

donde m es la masa de la plomada del péndulo, L su longitud, y g es la aceleración de la gravedad.

EQUIPO REQUERIDO

En el siguiente cuadro se presenta el material que se utilizará para el desarrollo de la práctica:

Cantidad	Material	Número de parte
1	Interfaz <i>ScienceWorkshop 750</i>	CI-7579
1	Sensor de movimiento rotacional	CI-6538
1	Accesorio rotacional	CI-6691
1	Base universal grande	ME-8735
1	Varilla de 45 centímetros	ME-8736
1	Báscula	SE-8723
1	Cinta métrica	SE-8712

IV. MONTAJE DEL EXPERIMENTO

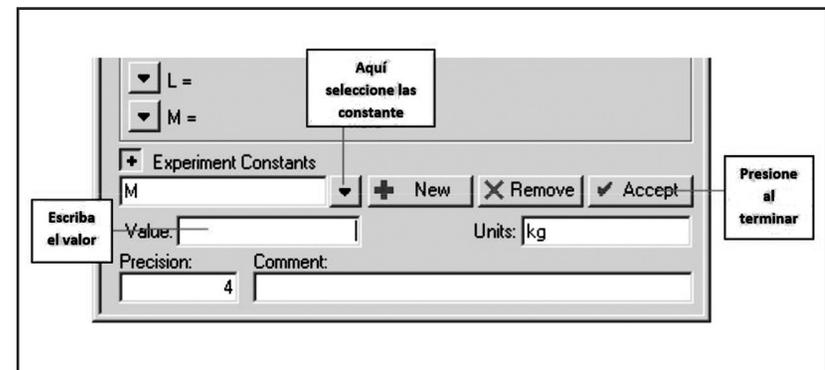
1. Conecte la interfaz a la computadora.
2. Conecte el sensor de movimiento rotacional (SMR) en el siguiente orden: amarillo y negro en las entradas digitales 1 y 2, respectivamente.
3. Inicie *DataStudio*. El icono de dicho programa lo encontrará sobre el *desktop*.

Ojo: Debe conectar primero la interfaz a la computadora, después encender la interfaz y, por último, abrir *DataStudio*. Si usted no sigue este orden, la opción *Start* permanecerá inhabilitada.

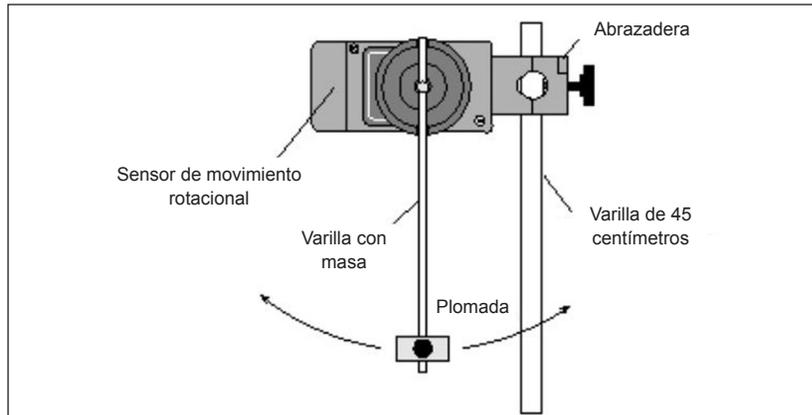
4. Abra el archivo *27 Hooke's Law.ds*. Para acceder a un archivo en *DataStudio* diríjase a la pestaña *File - Open Activity*, abra la carpeta *Desktop*, busque la carpeta titulada *CA-6787 Physics Experiments* y seleccione el archivo descrito.
 - El archivo contiene tres gráficas de las siguientes variables: posición angular (*Angular Position*) y energía cinéti-

ca (*Kinetic Energy*); posición angular y energía potencial (*Potencial Energy*); y energía cinética, energía potencial y energía total (*Total Energy*). En la ventana *Experiment Setup* (que puede localizar presionando el botón *Setup*, que se encuentra sobre la barra principal) usted observará que la captura de datos (*sample rate*) está en 20 hertz (20 muestras por segundo).

5. Mida y guarde la masa (m) de la plomada del péndulo.
6. Haga lo mismo con la longitud (L) del péndulo.
7. Presione el botón *Calculate* en *DataStudio*. Una calculadora aparecerá y en ésta deberá ingresar el valor de la masa (m) y de la longitud (L). Esto lo hará de la siguiente manera:
 - Inmediatamente abajo de texto *Experiment Constants* (constantes experimentales) encontrará un menú en el cual usted podrá seleccionar la constante a la cual le asignaré el valor medido.
 - Digite el valor de la constante en el recuadro blanco del lado izquierdo del texto *Value*. Presione *Accept* al finalizar.

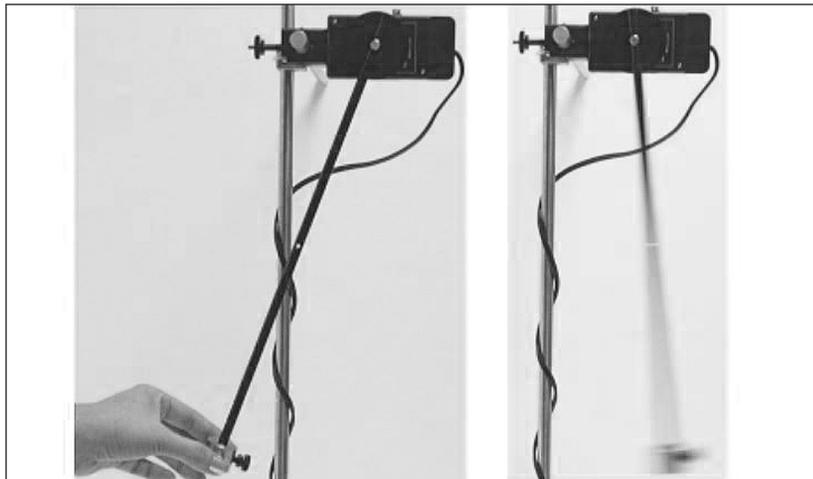


8. Instale el equipo tal como se muestra en el siguiente diagrama.



V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Nota: El procedimiento es más sencillo si una persona se hace cargo de la computadora, y otra, del experimento.



1. Con el péndulo en equilibrio presione *Start* en *DataStudio*.
2. Eleve el péndulo 20° y suéltelo.
3. Presione *Stop* después de cinco segundos.

VI. DATOS EXPERIMENTALES

1. Las gráficas muestran la posición angular, la energía cinética, la potencial y la energía total.
2. Utilice *Smart Tool* para encontrar los valores máximos y mínimos de la energía cinética y la potencial. Guarde estos valores.

Cantidad	Valor en joules (J)
Valor máximo de K	
Valor mínimo de K	
Valor máximo de U	
Valor mínimo de U	

No olvide guardar los resultados en texto, ya que deberá reproducirlos para su reporte. Esto lo puede hacer utilizando *File* y *Export*. Cada archivo se guardará como un documento de texto (*.txt).

PREGUNTAS

Gráfica de la posición angular y energía cinética

1. ¿Cuál fue el desplazamiento angular máximo en relación con la posición de equilibrio?
2. ¿Cuál fue el valor máximo de la energía cinética? ¿Dónde se encontraba el péndulo cuando esta energía era máxima?

3. ¿Cuál fue el valor mínimo de la energía cinética? ¿Dónde se encontraba el péndulo cuando esta energía era mínima?

Gráfica de la posición angular y energía potencial

4. ¿Cuál fue el valor máximo de la energía potencial? ¿Dónde se encontraba el péndulo cuando la energía potencial era máxima?
5. ¿Cuál fue el valor mínimo de la energía potencial? ¿Dónde se encontraba el péndulo cuando la energía cinética era potencial?
6. ¿Cómo se compara el comportamiento de la energía cinética con el de la energía potencial?

Gráfica de la energía potencial, cinética y total

7. ¿A qué conclusiones puede llegar con respecto a la transformación y la conservación de la energía?
8. ¿Por qué casi al final hubo un ligero aumento en la energía total?

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Ayars, E. . (2004). *Large rod stand*, modelo ME-8735. Hoja de instrucción 012-05338A. Pasco Scientific.
- Bernard, C. H. & Epp, C. D. (1976). *Laboratory experiments in college physics* (6ª ed.). Estados Unidos: John & Wiley Sons.
- Bishop S. (2004). *Acceleration sensor*, modelo CI-6558. Hoja de instrucción 012-06361. Pasco Scientific.
- Gil, S. & Rodríguez, E. (2001). *Física re-creativa*. Perú: Prentice Hall.
- Luffman F. (2004). *Time pulse accessory*, modelo ME-9496. Hoja de instrucción 012-06729C. Pasco Scientific.
- Hanks, J. (2004). *Rotary motion sensor*, modelo CI-6538. Hoja de instrucción 012-06053B. Pasco Scientific.
- Hanks, J. (2004). *Linear motion accessory*, modelo CI-6688. Hoja de instrucción 012-06002A. Pasco Scientific.
- Hanks, J. (2004). *Mini-rotational accessoy*, modelo CI-6691. Hoja de instrucción 012-05982B. Pasco Scientific.
- Hanks, J. & Hanks, A. (2004). *Time of flight accesory*, modelo ME-6810. Hoja de instrucción 012-05088D. Pasco Scientific.
- Hanks, A., Hanks, J., Ayars, E. & Ogston, A. (2004). *1.2 m Classic dynamics system*, modelo ME-9429B. Manual y guía experimental No. 012-05035G. Pasco Scientific.
- Luffman, F. (2004). *Time Pulse Accessory*, modelo ME-9496. Hoja de instrucción 012-06729C. Pasco Scientific.
- Pasco Scientific. (2004). *Large C clamp*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/SE/SE-7285_large-c-clamp-6-pack/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Photogate mounting bracket*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-6821_photogate-mounting-bracket/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Photogate pulley system*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-6838_photogate-pulley-system/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *45 Centimeters stainless steel rod*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8736_45-centimetros-stainless-steel-rod/index.cfm.

- Pasco Scientific. (2004). *120 Centimeters stainless steel rod*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8741_120-centimetros-stainless-steel-rod/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Mass and hanger set*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-8979_mass-and-hanger-set/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Universal Table Clamp*, Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9376_universal-table-clamp/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Friction block ids*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9807_friction-block-ids/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Photogates and fences dynamics systems*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9471_photogates-and-fences-dynamics-systems/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Harmonic springs 8 pack*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9803_harmonic-springs-8-pack/index.cfm.
- Pasco Scientific. (2004). *Double rod clamp*. Recuperado de http://www.pasco.com/prodCatalog/ME/ME-9873_double-rod-clamp-3-pack/index.cfm.
- Wilson, J. D. (1994). *Physics laboratory experiments* (5^a ed.). Estados Unidos: Heath and Company.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Beer, F. P., Johnston, E. R. Jr. & Cornwell, P. J. (2012). *Dinámica*, México: McGraw-Hill.

Goldstein, H., Poole, C. P. & Safko, J. (2002). *Classical mechanics* (3ª ed.). India: Pearson.

González, C. F. (2009). *Fundamentos de mecánica*. Barcelona: Reverté.

Hecht, E. (1980). *Física en perspectiva*. Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana.

Meriam, J. L. & Kraige, L. G. (2006). *Engineering mechanics dynamics* (vol. 2) (6ª ed.). Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Nelson, E. W., Best, C. L. & McLean, W. G. (2004). *Mecánica vectorial: Estática y dinámica* (5ª ed.). España: McGraw-Hill.

Ohanian, H. & Markert, J. T. (2009). *Física para ingeniería y ciencias* (vol. 1) (3ª ed.). China: McGraw-Hill.

Resnick, R., Halliday, D. & Krane, K. S. (2002), *Física* (vol. 1) (5ª ed.). México: McGraw-Hill.

Serway, R. A. & Jewett, J. W. Jr. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (vol. 1) (7ª ed.). México: Cengage Learning.

Thornton, S. T. & Marrion, J. B. (2008). *Classical dynamics of particles and systems* (5ª ed.). India: Cengage Learning.

Tripler, P. & Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología* (vol. 1) (6ª ed.). España: Reverté.

APÉNDICE A

FORMATO DE PRESENTACIÓN DE REPORTES DE LABORATORIO DE DINÁMICA

En este apéndice se presenta una guía para realizar un reporte de laboratorio. Este formato particular puede ser utilizado por el académico responsable de laboratorio. De ser así, el ejemplo que se presenta en las siguientes páginas puede ser de mucha utilidad en la redacción del reporte.

Presentamos un reporte de práctica de laboratorio ya elaborado, el cual servirá de guía en la redacción de sus reportes. En el documento se observa una secuencia de números que hacen referencia a partes específicas del reporte, las cuales se explican a profundidad de la siguiente manera:

INFORMACIÓN GENERAL:

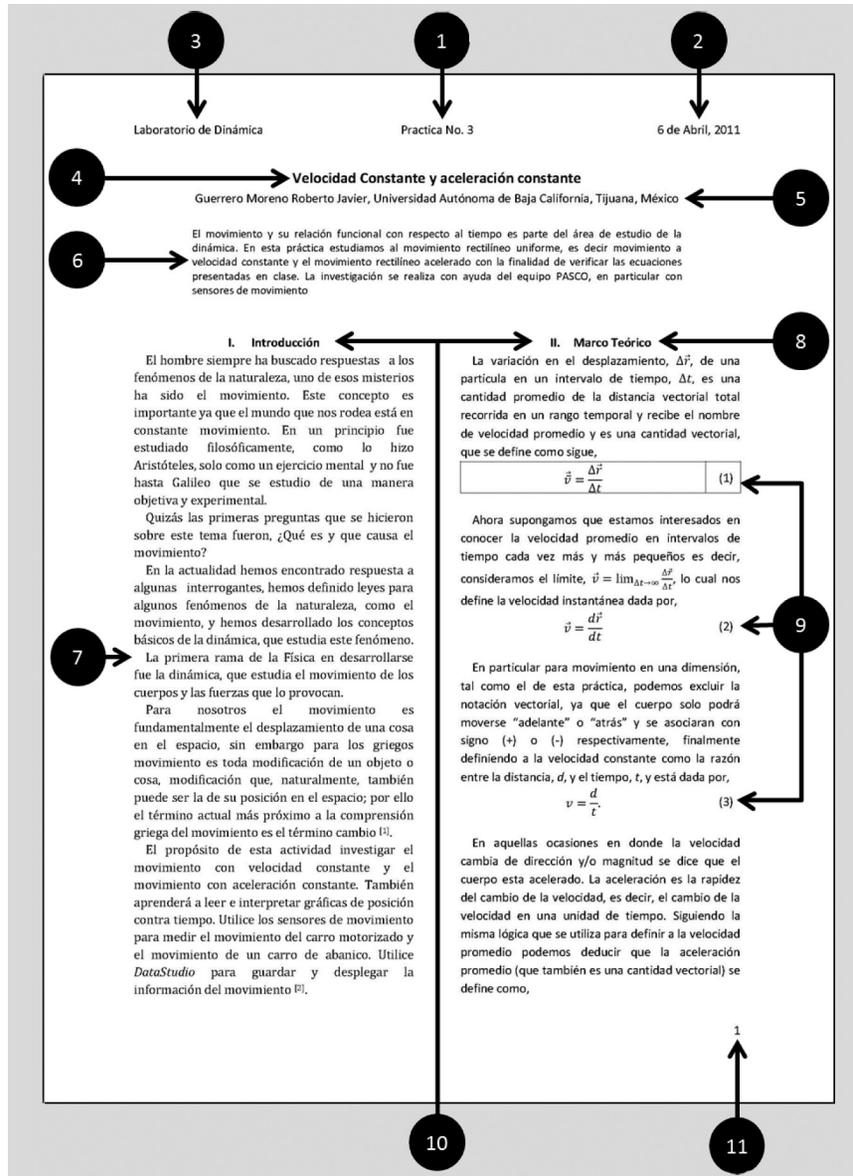
- a) El diseño de página deberá presentarse en dos columnas.
- b) La distancia entre renglones deberá ser de 1.15 líneas, excepto en donde se indique otra medida.
- c) Con excepción de donde se especifique otro, el tamaño de letra deberá ser de 10 puntos, y la fuente, Calibri.
- d) Los márgenes deben medir una pulgada en los cuatro lados de la hoja.

EL ENCABEZADO DEBERÁ APARECER EN TODAS LAS HOJAS Y CONTENER LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

1. *Práctica N°*: El rótulo *Práctica N°* más el número de reporte deben estar en cada hoja del documento y siempre arriba en el centro de la hoja.
2. *Fecha*: La fecha de entrega debe estar en cada página del reporte, siempre arriba y del lado derecho de la página.
3. *Laboratorio de dinámica*: Este rótulo debe ir en cada página del reporte, siempre arriba y del lado izquierdo de la página.

ESTA INFORMACIÓN CORRESPONDE AL CONTENIDO QUE SE DESARROLLARÁ EN LA PRÁCTICA:

4. *Título de la práctica*: Debe ser claro y expresar, en una frase, su finalidad. Utilice Calibri de 12 puntos en negritas.
5. *Autor(es)*: Deberán escribirse con apellidos primero, seguidos de sus nombres, y procedidos por su afiliación. Si son dos o más autores, los nombres se escriben en el mismo renglón, y la afiliación, en el segundo con un espaciado de 1.0 líneas.



6. *Resumen:* Debe describir de forma clara y concreta el objetivo, procedimiento, resultados y conclusiones del experimento realizado, de tal forma que el lector sea capaz de darse una idea clara y concisa de los resultados experimentales y de las conclusiones obtenidas a partir de dichos datos. El espaciado entre renglones debe ser de 1.0.
7. *Introducción:* La introducción del reporte debe dar al lector una base sobre la cual pueda comprender el resto del contenido del documento. Asimismo debe responder por qué es importante el tema. Por lo general, los materiales históricos son adecuados en esta sección. Inclusive el autor puede poner, al final de ésta, una breve descripción de cómo está organizado el material del texto y el objetivo de la práctica realizada.
8. *Marco teórico:* Esta sección deberá presentar el fundamento teórico necesario para hacer un análisis de los resultados. Si fuera preciso incluir ecuaciones, ésta es la sección para hacerlo. No obstante, el solo presentar ecuaciones no es válido; es necesario presentar una descripción y un análisis de las ecuaciones.
9. *Ecuaciones:* Las ecuaciones que se incluyan deben ser numeradas de forma progresiva, y su referencia en el texto se hará de la siguiente forma: "... ecuación (número)...". Nótese que la ecuación 1 ha sido colocado en una tabla 2 x 1, centrada en la primera celda, mientras que en la segunda, alineado a la derecha, se escribe su número. Es importante aclarar que estas celdas deben ser invisibles, tal como se muestra en las demás ecuaciones.

Nota: Las ecuaciones deben ser escritas; no copiadas y pegadas.

10. *Subtítulos:* Los subtítulos en cada sección deben estar centrados y en negritas.
11. *Enumeración de las páginas:* Cada página del reporte debe estar enumerada en la esquina inferior derecha. La numeración debe ser arábica y consecutiva: 1, 2, 3... sucesivamente.
12. *Procedimiento experimental:* En esta sección se presentará el material utilizado en la práctica y una descripción del procedimiento experimental. El material debe ser expuesto en una tabla, tal como se muestra en el ejemplo. El procedimiento debe presentarse en forma narrativa, no en puntos, como se muestra en el manual de prácticas. Si es posible, se pueden agregar fotografías y/o dibujos del procedimiento, del equipo y/o montaje de éste.
13. *Tablas:* Deben presentarse enumeradas en la parte superior con la leyenda *tabla y número*, o como sea pertinente, seguida inmediatamente de una descripción de su contenido. Es importante notar que aun cuando se describe el contenido de la tabla en el encabezado, es necesario hacer una descripción de ésta en el texto del reporte.
14. *Bibliografía:* Debe enumerarse en orden ascendente. Los libros deben ser citados de la siguiente manera: Autor (apellido, nombre), título (entre comillas y en itálicas), editorial, número de edición, país de impresión, año de impresión y paginas. Si son dos o más autores, sólo se cita al primero seguido por *et al.* Note la segunda cita del ejemplo. Las páginas de Internet deberán citarse como sigue: Autor (apellido, nombre), fecha de publicación, título de la página (en itálicas), hora y fecha de consulta y dirección de la página. El autor de ésta puede identificarse en la parte

12

Laboratorio de Dinámica
Practica No. 3
6 de Abril, 2011

III. Procedimiento Experimental
Presentamos en la tabla 1 el material utilizado para el desarrollo de la práctica.

Cantidad	Material
1	Interface Science Workshop 750
2	Sensor de Movimiento
1	Carro Motorizado
2	Pista dinámica
1	Carro de dinámico
1	Accesorio de abanico
2	Accesorio de pulso de tiempo

El equipo PASCO, (tabla 1 y figura 1), utilizado en esta práctica permite la captura de automatizada de datos experimentales.

El experimento consiste en medir la velocidad y la posición de dos carros colocados cada uno en pistas dinámicas diferentes. El carro, al cual se le ajusta el accesorio de abanico, se moverá a velocidad constante, mientras que el carro motorizado a aceleración constante. El sensor de movimiento en cada pista se encarga de capturar la velocidad de cada uno de los carros durante 5 segundos, dicho tiempo está controlado mediante el accesorio de pulso.

El equipo presentado en la tabla 1 se estructura de la siguiente manera. Las pistas se colocaron paralelas separadas 30 cm, en un extremo de estas se colocó el sensor de movimiento los cuales se conectaron a la interface. En una de las pistas se colocó el carro motorizado y en la otra el carro con el abanico.

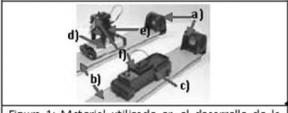


Figura 1: Material utilizado en el desarrollo de la práctica. Se muestran: a) en el extremo de cada pista los dos sensores de movimiento, b) las dos pistas dinámicas, c) el carro motorizado, d) carro dinámico, e) accesorio de abanico y f) los accesorios de pulso.

14

$$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} \quad (4)$$

para intervalos de tiempo cada vez más pequeños tenemos, es decir $\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$ que es la aceleración instantánea,

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (5)$$

Podemos excluir la notación vectorial de la misma forma que lo hicimos para la velocidad. Si la aceleración permanece constante entonces tenemos,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (6)$$

en donde, v , es la velocidad a un tiempo t , v_0 es la velocidad al inicio del movimiento y t_0 es el tiempo inicial, que por lo general se considera $t_0 = 0$, es decir, el cronómetro comienza en cero, por lo que,

$$v = v_0 + at. \quad (7)$$

La velocidad promedio entre cualquier par de puntos ($t = 0$ y $t = t$) se puede escribir como

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t} \quad (8)$$

Si la posición de la partícula en $t = 0$ es x_0 , la posición en $t = t$ se puede encontrar con,

$$x = x_0 + \bar{v}t. \quad (9)$$

Sustituyendo la ecuación (8) en (9) se obtiene una ecuación para la distancia en función de la velocidad inicial, velocidad y tiempo.

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(v + v_0)t. \quad (10)$$

Sustituyendo (7) en (10) se obtiene,

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2. \quad (11)$$

Finalmente despejando t de (7) y sustituyendo en (11) obtenemos la relación,

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0). \quad (12)$$

Las ecuaciones (7), (10), (11) y (12) describen por completo el movimiento rectilíneo acelerado en una dimensión^{13, A51}.

13

15

inferior de la página. En algunos casos será el compilador o web máster. Si no es posible identificar al autor, se iniciará con el nombre de la página.

La bibliografía deberá ordenarse numéricamente, en orden de aparición en el texto, mientras que en éste se citarán numéricamente entre corchetes y como subíndice, tal como se ve en el ejemplo.

15. *Figuras*: Cualquier imagen, gráfica, dibujo y/o fotografía se clasifica como figura. Las figuras deben estar etiquetadas progresivamente con la leyenda *Figura 1*, *Figura 2* —y así sucesivamente—, seguida de una descripción de lo que la figura presenta. En el ejemplo de la figura 1 se muestra una imagen del equipo enunciado en la tabla 1, mientras que en las figuras 1 y 2 se describen los resultados experimentales. Note que las figuras se rotulan en la parte inferior. Es importante aclarar que aun cuando se hace una descripción del contenido de la figura en el pie de ésta, es necesario describirla también en el texto del reporte.

Nota: Las gráficas deben ser reconstruidas en Excel. No se permite copiar y pegar las gráficas generadas por DataStudio.

CÓMO ELABORAR LAS GRÁFICAS EN EXCEL

Para elaborar una gráfica a partir de los archivos de texto generados por *DataStudio*, siga las siguientes indicaciones:

- Abra el archivo de texto en Excel y escoja delimitar cada columna.
- Seleccione ambas columnas, y en la viñeta de insertar escoja la gráfica de dispersión con línea uniendo los puntos.

- Una vez que tenga la gráfica, seleccione las líneas de división (Gridlines), y con el botón derecho del *mouse* escoja “Dar formato a las líneas de división...”. En color de línea elija “línea sólida” y cambie el color a blanco.
- Para agregar los ejes restantes seleccione el eje x o el y , presione el botón derecho y seleccione *formato de línea de trazado*, seguido de *color de borde y línea sólida*, y escoja el color negro.
- Agregue leyendas a ambos ejes donde indique su significado, así como sus unidades, tal como se muestra en las figuras 2 y 3. Puede hacer espacio del lado izquierdo y abajo modificando el tamaño de la gráfica y moviéndola para insertar cuadros de texto.
- Mueva el recuadro donde se indica el color y la forma de la curva dentro del recuadro de la gráfica, e indique el significado de la curva.

Si usted necesita agregar curvas a la gráfica —por ejemplo, si a la curva de datos experimentales requiere adicionarle una curva de algún ajuste numérico—, realice el mismo procedimiento para la otra curva y Excel automáticamente las sobrepondrá.

16. *Resultados*: En esta sección se deberán exponer los resultados de la práctica, ya sea en forma de gráficas y/o tablas; sin embargo es muy importante que dichos resultados sean explicados y discutidos; no es válido sólo presentar los datos numéricos obtenidos. Aquí, para sustentar los resultados conseguidos, el autor puede hacer referencia al marco teórico previamente expuesto. Sin embargo, no es necesario realizar conclusiones sobre el marco, ya que éstas serán presentadas posteriormente. Esta sección muestra el nivel de conocimiento del autor o los autores.

Laboratorio de Dinámica

Practica No. 3

6 de Abril, 2011

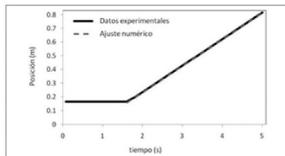


Figura 2: Gráfica de la posición del carro motorizado. La línea negra sólida muestra los datos experimentales, mientras que la línea roja rayada muestra un ajuste lineal a los datos experimentales.

A cada carro se le conecto un accesorio de pulso de tiempo el cual restringió el tiempo de movimiento a 5 segundos.

16

IV. Resultados

Los resultados capturados experimentalmente se expresan numéricamente en las figuras 2 y 3. En ambas se presenta una gráfica de posición como función del tiempo en donde se presentan dos curvas. Una que muestra los datos experimentales, tal como fueron capturados por el sensor de movimiento (línea negra sólida) y un ajuste numérico a esta (línea roja rayada).

La figura 2 muestra la posición del carro motorizado como función del tiempo. Se observan dos regímenes en el tiempo, el primero de 0 a 1.5 s aproximadamente es una línea horizontal que muestra al carro básicamente estacionario, el segundo régimen de 1.5 a 5 segundos muestra un cambio de la posición como función del tiempo. Como se observa la posición del objeto cambia linealmente con respecto al tiempo (línea negra sólida), hecho que se verifica al ajustarle una línea recta (línea roja rayada). Este comportamiento se describe por la ecuación (3) que describe a un objeto en movimiento rectilíneo uniforme, es decir, velocidad constante, ya que se observa en esta que la posición, x , cambia linealmente con el tiempo, t .

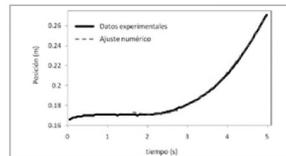


Figura 3: Gráfica de la posición del carro con el accesorio del abanico. La línea negra sólida muestra los datos experimentales, mientras que la línea roja rayada muestra un ajuste cuadrático a los datos experimentales.

Podemos hacer un análisis muy similar para la figura 3, carro con abanico, sin embargo en esta se realizó un ajuste cuadrático a la curva experimental. La ecuación (11) muestra que para el movimiento rectilíneo acelerado la posición cambia cuadráticamente con el tiempo, tal como encontramos para el carro con el abanico

V. Conclusiones

Podemos de los resultados concluir que la ecuación (3) describe efectivamente el comportamiento del movimiento rectilíneo uniforme, mientras que las ecuaciones (7) - (9) y (11) describen el movimiento de un cuerpo sujeto a una aceleración constante.

Bibliografía

- [1] Hetch, Eugene, "Física en Perspectiva", Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, Primera Edición, E.U.A., 1987, 634 pp.
- [2] Resnick, Robert et. al., "Física: Volumen 1", Grupo Editorial Patria, Quinta Edición, México, 2002, 566 pp.
- [3] Serway, Raymond A., Jewett, John W., "Física, para ciencias e ingeniería: Volumen 1", Editorial Cengage learning. Séptima Edición, México, 2008, 640 pp.
- [4] Tripple Paul A., Mosca, Gene, "Física para la ciencia y la tecnología: Volumen 1", Editorial Reverté, Sexta Edición, España, 2010, 692 pp

17

14

3

17. *Conclusiones:* En esta parte se presentan los comentarios finales sobre la práctica, en los que se resumen, de manera *extremadamente concreta*, los resultados y cómo éstos satisfacen los objetivos e hipótesis iniciales. Ésta es la única sección del texto que deberá ser escrita individualmente por cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.

APÉNDICE B. TEMARIO DEL CURSO DE DINÁMICA

Presentamos al lector el temario de la materia de dinámica, tal como fue extraído de la carta descriptiva.

Hemos agregado en cada uno de los temas el número de práctica que lo apoya.

Recomendamos que, independientemente de lo aquí presentado, consulte la carta descriptiva, la cual puede encontrar en la dirección electrónica: <http://ingenieria.mx1.uabc.mx/index.php/dinamica/finish/80-materias/142-dinamica>.

UNIDAD I. CINEMÁTICA DE LAS PARTÍCULAS

1.1 Introducción a la dinámica

1.1.1 Bosquejo histórico de la dinámica

1.1.2 *Ley federal de metrología y normalización*

1.1.3 Conversión de unidades

1.2 Movimiento rectilíneo de partículas

1.2.1 Posición, velocidad y aceleración

- Prácticas 1-8 y 17.

1.2.2 Determinación del movimiento de una partícula

- Prácticas 1-5, 7 y 17

1.2.3 Movimiento rectilíneo de partículas

- Prácticas 1-4, 7 y 17

1.2.4 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

- Prácticas 4-8 y 17

1.2.5 Movimiento de varias partículas

- Práctica 17

1.2.6 Solución gráfica de problemas

- Prácticas 1 y 17

1.3 Movimiento curvilíneo de partículas

1.3.1 Vector posición, velocidad y aceleración

- Prácticas 9 y 10

1.3.2 Componentes rectangulares

- Prácticas 9 y 10

1.3.3 Componentes tangencial y normal

- Prácticas 9 y 10

1.3.4 Componentes radial y transversal

- Prácticas 9 y 10

UNIDAD II: DINÁMICA DE PARTÍCULAS. SEGUNDA LEY DE NEWTON

2.1 Segunda ley del movimiento de Newton

- Prácticas 11-16

2.2 Momento ideal de una partícula. Tasa de cambio del *momentum* lineal

- Prácticas 11 y 15

2.3 Ecuaciones del movimiento

- Prácticas 11 y 15

2.4 Equilibrio dinámico

- Prácticas 11 y 15

2.5 *Momentum* angular de una partícula. Tasa de cambio de *momentum* angular

- Práctica 11

2.6 Ecuaciones del movimiento en función de las componentes radial y transversal

2.7 Movimiento bajo una fuerza central

2.8 Ley de gravitación de Newton

2.9 Trayectoria de una partícula bajo la acción de una fuerza central

2.10 Aplicaciones de la mecánica espacial

3.4 Aplicaciones del principio de trabajo y energía

- Prácticas 16 y 20-22

3.5 Potencia y eficiencia

- Práctica 16

3.6 Energía potencial

- Prácticas 16 y 20-22

3.7 Fuerzas conservativas y no conservativas (fricción)

- Práctica 16

3.8 Conservación de la energía.

- Prácticas 16 y 20-22

3.9 Movimiento debido a una fuerza central conservativa. Aplicaciones a la mecánica espacial

- Práctica 20-22

3.10 Principio de impulso y *momentum*

- Prácticas 18 y 19

3.11 Movimiento de impulso

3.12 Colisiones

- Prácticas 18 y 19

3.13 Colisión central directa

3.14 Colisión central oblicua

3.15 Problemas relativos a energía y *momentum*

UNIDAD III: MÉTODO DE ENERGÍA Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

3.1 Introducción

- Práctica 16

3.2 Trabajo de una fuerza

- Práctica 16

3.3 Energía cinética de una partícula. Principio de trabajo y energía

- Prácticas 16 y 20-22

APÉNDICE C
REGLAMENTO DEL LABORATORIO DE DINÁMICA Y FORMATO DE PRÉSTAMO PARA ALMACENES DE ECITEC

En este apéndice presentamos el reglamento de laboratorio, seguido del formato de préstamo para solicitar el equipo requerido para las prácticas en los almacenes de ECITEC.

REGLAMENTO

ESTE REGLAMENTO ES DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA PARA CUALQUIER PERSONA QUE INGRESE, VISITE O REALICE PRÁCTICA EN EL LABORATORIO.

1. Todo usuario de laboratorio debe conocer y aplicar el presente reglamento.
2. Es responsabilidad del encargado de laboratorio vigilar que el *Reglamento del Laboratorio de Dinámica* se aplique de manera correcta.
3. Se define como usuario del laboratorio de dinámica a:
 - a) Los alumnos de ecitec unidad Valle de las Palmas, cuyo semestre incluya materias que requieran llevar a cabo prácticas de laboratorio.
 - b) Los docentes de ecitec que requieran el uso del laboratorio para desarrollar su trabajo o como apoyo didáctico.
 - c) El personal administrativo y de servicios que labore en ECITEC y se encuentre en algún curso de capacitación que se relacione con el laboratorio de química.
4. Todo alumno que ingrese en el laboratorio deberá portar correctamente su equipo de protección personal (EPP), según el nivel de protección requerido para la actividad a desarrollar. El EPP básico para el laboratorio de dinámica se define por:
 - a) Usar bata de laboratorio de manga larga, abotonada; pantalón al tobillo y/o falda (en caso de traer falda, el largo de la bata de laboratorio será debajo de la rodilla).

- b) El uso de zapato cerrado, con suela antiderrapante y de material sólido, tacón máximo de seis centímetros de altura y evitar portar objetos o prendas que cuelguen y puedan provocar incidentes y accidentes.
 - c) El usuario deberá portar el cabello recogido en todo momento.
5. Queda estrictamente prohibido fumar e introducir alimentos y bebidas en el laboratorio.
 6. Usar adecuadamente las instalaciones y el equipo de acuerdo con la función y capacidades para las que fueron creados, con base en su manual de operación.
 7. Antes de iniciar la práctica debe comprender perfectamente las instrucciones para realizar la actividad.
 8. Reportar incidentes o accidentes por leve que sean —haya lesión o no—, condiciones inseguras y equipo dañado al personal o al responsable del laboratorio.
 9. Verificar si el área donde se realizará la práctica y el equipo a utilizar se encuentran en condiciones óptimas de orden y limpieza para su utilización. De no ser así, repórtelo a la persona responsable.
 10. Mantener sus pertenencias fuera del área de trabajo o en espacios asignados por el profesor del laboratorio.
 11. Conservar limpia, ordenada y/o saneada su área de trabajo, antes y después de realizar la actividad.
 12. No trate de atender un accidente o contingencia para lo cual no ha sido capacitado.
 13. En simulacros o contingencias, obedecer las disposiciones de seguridad indicadas por el profesor, coordinador o responsable del evento.
 14. Las prácticas deben realizarse siempre bajo supervisión del profesor y/o con la autorización del responsable del taller o laboratorio.
 15. Queda estrictamente prohibido realizar cualquier tipo de actividad ajena al taller o laboratorio.
 16. Si algún material o máquina es dañada tendrá que reportarlo inmediatamente al profesor o persona responsable del taller o laboratorio.
 17. Al finalizar la práctica, el alumno deberá dejar limpia y ordenada el área de trabajo.
 18. Se designará un responsable de equipo, quien debe solicitar —mediante vale de préstamo (previamente llenado— el material y equipo al encargado del laboratorio.
 19. El alumno es responsable del funcionamiento y conservación del material. El material y equipo dañado debe reponerse por uno de iguales características (capacidad, modelo y marca).
 20. El responsable de la sesión o actividad que se realice debe supervisar su desarrollo.
 21. Respetar las condiciones de seguridad y funcionalidad del laboratorio.
 22. Respetar horarios de actividades y, en caso de no terminar la actividad en su horario, solicitar autorización de acceso al responsable.
 23. Prohibido el uso de celulares y cualquier otro sistema de comunicación móvil, a excepción de que el docente a cargo o el responsable del taller lo permita y/o solicite.
 24. No mover, sustraer, manipular o hacer uso indebido de equipo o sistemas de cómputo y transmisión de datos sin autorización del responsable del laboratorio.

25. Mantener las puertas y ventanas cerradas en caso de que la actividad a realizar así lo requiera.
26. Prohibido visitas no autorizadas (los responsables del laboratorio o dirección son los que autorizan las visitas y deben advertir a los visitantes sobre los riesgos y medidas de seguridad del laboratorio).
27. El usuario debe contar con material de limpieza, de acuerdo con las actividades realizadas.
28. Al terminar la sesión de laboratorio, verificar que llaves de servicio de agua, gas y apagadores de energía eléctrica estén cerrados.
29. Al término de la sesión debe dejar limpio y ordenado el material utilizado y el área de trabajo.
30. Prohibido introducir mascotas al laboratorio.
31. En caso de incumplimiento parcial o total de estos lineamientos, los usuarios se harán acreedores a las sanciones correspondientes indicadas en la reglamentación universitaria o estipuladas en el contrato colectivo de trabajo, según corresponda.
32. Cualquier persona que no cumpla con lo mencionado en el presente reglamento, será acreedora a una sanción, la cual puede ser leve o grave:
 - a) Sanción leve se define como cualquier falta de disciplina, la cual se reprimirá con un reporte de laboratorio. Este tipo de sanciones son acumulables durante el semestre. Al obtener tres sanciones leves, la persona obtendrá automáticamente una sanción grave.
 - b) La sanción grave se le aplicará a la persona que inflija algún daño físico a sus maestros, compañeros, material, equipo

y/o instalaciones. La sanción consistirá en la suspensión parcial o total del uso de laboratorio durante el ciclo escolar.

c) Cualquier situación surgida en el laboratorio, no contemplada en este reglamento, será resuelta por el jefe de laboratorio o, en ausencia de éste, por el auxiliar de laboratorio o, en su caso, por el coordinador del programa educativo. En caso de controversia o de la gravedad del asunto, la resolverá la dirección o el consejo técnico de la escuela.

FORMATO DE PRÉSTAMO

 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA VALLE DE LAS PALMAS			 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA VALLE DE LAS PALMAS		
Vale de Préstamo (copia almacén)			Vale de Préstamo (copia usuario)		
Cantidad	Descripción del material	Código	Cantidad	Descripción del material	Código
Alumno:		Gpo.	Alumno:		Gpo.
Matrícula:		Hora de entrega:	Matrícula:		Hora de entrega:
Mtro(a).:		Fecha:	Mtro(a).:		Fecha:

Almacén

Usuario

Política de préstamo:

1. La credencial del estudiante debe ser vigente y legible (1^{er} semestre, credencial de elector).
2. El préstamo es personal e intransferible.
3. El usuario es responsable de verificar el material al recibir y al entregar; cualquier daño debe ser cubierto por el usuario.

Política de préstamo:

1. La credencial del estudiante debe ser vigente y legible (1^{er} semestre, credencial de elector).
2. El préstamo es personal e intransferible.
3. El usuario es responsable de verificar el material al recibir y al entregar; cualquier daño debe ser cubierto por el usuario.

Ejemplo de colofón

Dinámica experimental. Se terminó de imprimir en agosto de 2014 en Artificios Media, Abelardo L. Rodríguez 747, col. Maestros Federales, Mexicali, Baja California, C.P. 21370. El cuidado de la edición estuvo a cargo del Departamento de Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Baja California. En la composición tipográfica se utilizó la familia Garamond a 12 puntos. El tiraje consta de 150 ejemplares.