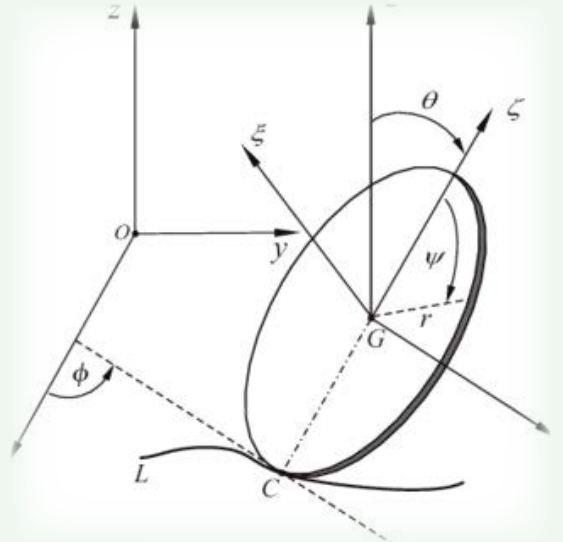
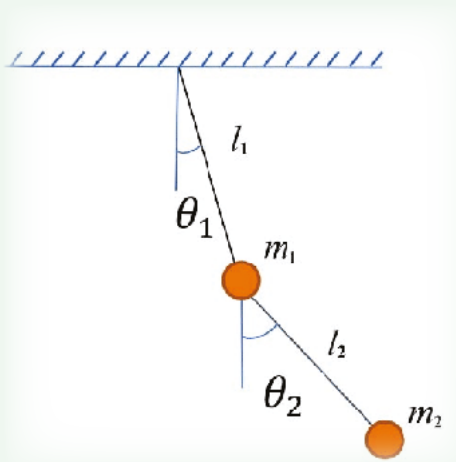


Experimentos de Mecánica elemental a través de análisis de video



Experimentos de
Mecánica elemental
a través de análisis de video

<https://doi.org/10.61728/AE24160001>



Experimentos de
Mecánica elemental
a través de análisis de video

Mario Bolívar Gaeta Verdín
Iván Fernando Valtierra Carranza
Andrés García Sandoval
Juan Jesús Díaz Guevara



Experimentos de Mecánica elemental a través de análisis de video. Autores: Mario Bolívar Gaeta Verdín; Iván Fernando Valtierra Carranza; Andrés García Sandoval; Juan Jesús Díaz Guevara. — *Guadalajara, México. 2023.*

Publicación electrónica digital: descarga y online; detalle de formato: EPUB.

Primera edición

D. R. © copyright 2023

ISBN: 978-84-19799-84-5

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia, cualquier otro existente o por existir; sin el permiso previo, por escrito, del titular de los derechos.

HECHO EN MÉXICO | MADE IN MEXICO

Contenido

Contenido	7
Prólogo	9
Capítulo 1	
Análisis de datos experimentales	11
Práctica 0. Conociendo el Software	12
Capítulo 2	
Movimiento rectilíneo.....	17
Práctica 1. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)	18
Práctica 2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA)	22
Práctica 3. Caída libre y tiro vertical	29
Capítulo 3	
Movimiento en dos dimensiones	37
Práctica 4. Tiro parabólico	38
Práctica 5. Movimiento circular.....	46
Capítulo 4	
Dinámica translacional.....	53
Práctica 6. Leyes de Newton.....	54
Práctica 7. Fuerzas de fricción	59
Capítulo 5	
Leyes de Conservación	65
Práctica 8. Trabajo y Energía Cinética.....	66
Práctica 9. Energía Potencial Gravitacional.....	74
Práctica 10. Energía Potencial Elástica.....	79
Práctica 11. Momento lineal y choques inelásticos	84
Práctica 12. Choques elásticos.....	88
Capítulo 6	
Rotación de cuerpos rígidos.....	95
Práctica 13. Momento de Inercia	96
Práctica 14. Momento angular	104
Apéndice. Usando el equipo	109

Prólogo

Este libro está pensado para un curso de Laboratorio que acompañe a un curso de Mecánica de nivel superior. Está diseñado, además, para que los parámetros que describen la cinemática del experimento se obtengan a través del análisis de video. Esto es, los experimentos se graban con una cámara de video, equipo con el que cuentan la mayoría de los estudiantes a través de su teléfono móvil. Una vez capturado el video, este se analiza mediante el programa Logger Pro, *software* con el que se debe contar, al menos en una computadora por equipo de trabajo.

También es necesario contar con el siguiente equipo de PASCO o equivalentes:

- Riel de aire
- Lanzador de proyectiles
- Plataforma giratoria
- Riel con fricción
- Soporte universal y resortes.

Creemos que esta experiencia resultará interesante para los alumnos, pues además de adquirir los conocimientos y habilidades inherentes a un curso tradicional de un Laboratorio de Mecánica, podrán hacer uso de su destreza y experiencia al trabajar con las herramientas tecnológicas que manejan cotidianamente, dándoles una motivación extra al momento de desarrollar las prácticas y permitirles sentirse más en control del experimento.

Capítulo 1

Análisis de datos experimentales

Práctica 0. Conociendo el Software

Conceptos clave

Ajuste numérico – análisis de video – métodos de graficación

Introducción

En esta actividad conoceremos algunas de las funcionalidades del programa *Logger Pro*® que vamos a necesitar a lo largo del curso. En particular, veremos cómo insertar datos tanto de manera manual como a partir de una función y cómo mostrarlos en una gráfica, además estudiaremos cómo extraer datos mediante el análisis de un video.

Conociendo la interfaz

1. Abre el programa Logger Pro. Además de la típica cinta de opciones con pestañas y botones en la parte superior, por defecto se mostrará una tabla con título ‘Colección de datos’ y una gráfica vacía. A estos elementos les puedes modificar su tamaño además de arrastrarlos.

Insertando datos de manera manual

Las columnas de la tabla se pueden editar.

2. Da doble clic al título de la primera columna. Aparecerá una ventana con dos pestañas. La primera, ‘Definición columna’, te permite precisar algunas de las características del dato que corresponderá a esa primera columna, así como agregar automáticamente un conjunto de valores. La segunda pestaña, ‘Opciones’, te permite personalizar cómo se mostrarán los datos tanto en la tabla como en la gráfica.
3. Edita a tu preferencia la primera columna e inserta automáticamente los valores enteros del 0 al 10.
4. Edita a tu preferencia la segunda columna e inserta manualmente valores a tu elección.
5. En la pestaña ‘Datos’ de la cinta de opciones de la parte superior, elige la opción ‘Nueva columna manual...’. Se mostrará de nuevo la ventana para personalizar la nueva columna. Edítala a tu preferencia e inserta manualmente valores a tu elección.

Mostrando los datos en la gráfica

6. Habrás notado que, al insertar los valores de la segunda columna, se mostraban al instante las marcas en la gráfica. Sin embargo, no pasaba eso al insertar los valores en las nuevas columnas. Para mostrar las marcas en la gráfica de las nuevas columnas da clic derecho sobre la gráfica y elige ‘Opciones gráfica...’. Se mostrará una ventana con dos pestañas. La primera, ‘Opciones gráfica’, te permite personalizar más a detalle la apariencia de la gráfica. La segunda, ‘Opcion’.
7. Luego de haber dado clic derecho sobre la gráfica y elegido ‘Opciones gráfica...’, personaliza la apariencia de la gráfica en la pestaña ‘Opciones gráfica’. Ahora, en ‘Opciones eje’, desmarca la casilla correspondiente a la columna 2 y marca la de la nueva columna que agregaste. Elige también la columna que quieres que represente

Tips:

- Habrás notado que puedes cambiar la escala en el menú de la gráfica > ‘Opciones gráfica...’ > ‘Opciones eje’. También puedes hacerlo manualmente en la gráfica. Puedes, ya sea estrechar el eje con valor mínimo constante, con valor máximo constante o simplemente desplazar los valores. Para hacerlo, sitúa el cursor en alguno de los ejes. Dependiendo de la parte del eje en que estés, se mostrará una etiqueta que dice cuál de las opciones para ajustar la escala es la que puedes realizar.
- Puedes agregar gráficas nuevas en la pestaña ‘Insertar’ > ‘Gráfica’ en la cinta de opciones en la parte superior. Para mostrarlas u ocultarlas da clic derecho sobre la gráfica y elige ‘Mover al frente’ o ‘Mover al fondo’.

**Si están trabajando varios estudiantes en un mismo equipo, se sugiere que cada uno realice al menos los puntos 5 y 7. El eje X y aplica. Muestra tu trabajo a tu profesor.*

Insertando valores a partir de una función (columna calculada)

También puedes generar una nueva columna a partir de una que ya tienes. Esto es útil si tienes un conjunto de datos que representa una cantidad, pero quieres mostrar otra que depende de la primera a través de una relación funcional.

8. Para evitar la saturación de información, abre una nueva ventana del programa en la pestaña ‘Archivo’ > ‘Nuevo’ en la cinta de opciones de la parte superior. Pide autorización de tu profesor, pues puedes perder el trabajo anterior al hacer esto.
9. Repite el paso 3 y luego borra la segunda columna dando clic derecho en su título y luego ‘Eliminar’.
10. Da clic en la pestaña ‘Datos’ > ‘Nueva columna calculada...’ en la cinta de opciones de la parte superior. Aparecerá una ventana similar a la que aparecía para editar la columna, pero notarás además un cuadro de texto que te permite introducir una expresión matemática.
11. Edita a tu preferencia la columna. Introduce una expresión matemática en el cuadro de texto correspondiente y haz que se muestre en la gráfica.

Importante:

- Cuando quieras ingresar una variable, representada por una columna, te sugerimos insistentemente elegirla dando clic en el botón ‘Variables (Columnas)’ y no ingresarla a mano, pues tiene su propio formato.
- Cuando quieras ingresar una función, te sugerimos insistentemente elegirla del botón ‘Funciones’ y no ingresarla a mano, pues tiene su propia sintaxis.
- Para que dos cantidades se multipliquen, debes ingresar necesariamente el caracter ‘*’
- Fíjate bien dónde van los paréntesis.
- Puedes elegir y añadir constantes en el botón ‘Parámetros’.

Ajuste de los datos

Esperamos que los datos que tomamos de un experimento se ajusten a alguna relación funcional, una que conocemos de forma estructural, pero tal vez no los parámetros de manera específica. Como ejemplo

considera que estás haciendo un experimento de un movimiento con velocidad constante. Sabes que la posición depende del tiempo t de manera lineal, por lo que esperas que tus datos tengan la forma $mt+b$. Sin embargo, no conoces la velocidad ni la posición inicial del movimiento. Entonces puedes encontrar la línea recta que mejor se ajuste a tus datos y los parámetros m y b que la describen van a definir la velocidad y la posición inicial que desconocías. Ahora vamos a ver cómo hacer los ajustes.

12. En la cinta de opciones de la parte superior busca el botón ('Ajuste de curva'). Al dar clic se abrirá una ventana donde, debajo de la gráfica, se muestran varias opciones para elegir como ajuste de tus datos. Puedes incluso definir una función que no esté.
13. Ajusta los datos de la columna calculada que ingresaste marcando la función con la forma correspondiente. Da clic en el botón 'Probar ajuste' (abajo a la derecha) y luego en 'Aceptar'. En este caso simplemente vas a obtener los parámetros que ingresaste, pero piensa en lo útil que puede ser si no los conocieras. Muestra tu trabajo a tu profesor.

*Si están trabajando varios estudiantes en un mismo equipo, se sugiere que cada uno realice al menos los puntos 11 y 13.

Análisis de video

También puedes generar una nueva columna a partir de una que ya tienes. Esto es útil si tienes un conjunto de datos que representa una cantidad, pero quieres mostrar otra que depende de la primera a través de una relación funcional.

14. De nuevo, para evitar la saturación de información, abre una nueva ventana del programa en la pestaña 'Archivo' > 'Nuevo' en la cinta de opciones de la parte superior. Pide autorización de tu profesor, pues puedes perder el trabajo anterior al hacer esto.
15. Da clic en la pestaña 'Insertar' > 'Video...' de la cinta de opciones de la parte superior. Se abrirá una ventana del explorador de archivos. Elige uno de los videos de muestra. Esto abrirá el video dentro del programa. Puedes modificar su tamaño, arrastrar, mover al fondo, mover al frente... Abajo a la izquierda encontrarás los botones típicos para desplazarte en un video (Reproducir, detener, rebobinar, fotograma anterior, fotograma siguiente) y a la derecha un par de botones, ahora vamos a explicar para qué sirven.
16. Da clic en el botón  ('Activar/Desactivar análisis video'). Esto desplegará una lista de botones al costado derecho del video. Estos botones son (no en orden):
 -  'Establecer origen'. Al dar clic aparecerán dos ejes, uno con un punto amarillo, que es el eje x , y otro perpendicular, y . Estos ejes formarán tu sistema de coordenadas. Puedes desplazar el origen arrastrándolo. También puedes rotar los ejes arrastrando el punto amarillo.
 -  'Mostrar origen'. Úsalo para que aparezca/desaparezca en el video el sistema de coordenadas.
 -  'Establecer escala'. Luego de dar clic en este botón, arrastra el cursor a lo largo de la longitud de un objeto que conozcas cuánto mide, para que el programa lo tome como referencia para determinar las distancias.
 -  'Mostrar escala'. Úsalo para que aparezca/desaparezca en el video la escala establecida en el punto anterior.
 -  'Distancia de foto'. Úsalo para medir una longitud/distancia en el video.

-  'Seleccionar punto'. Con este botón seleccionas un punto que luego podrías borrar.
 -  'Añadir punto'. Luego de dar clic a este botón, le podrás seguir la pista al objeto cuyo movimiento estás analizando. Para esto deberás dar clic en la posición del objeto mientras avanza el video. Cada clic hará que el video avance en un fotograma, pero, si te es conveniente, puedes avanzar más fotogramas desplazándote en el video. Sigue el movimiento del objeto con un número suficiente de puntos.
 -  'Establecer punto activo' > 'Añadir serie de puntos'. Úsalo si quieres seguir, de manera independiente, a más de un objeto.
 -  'Cambiar pistas'. Úsalo para aparecer/desaparecer las series de puntos.
17. Luego de haber realizado el seguimiento de el o los objetos, desplázate en el video hasta el primer punto que pusiste. Da clic al botón 'Sinc película a gráfica'. Aparecerá una ventana, y donde dice 'Tiempo película' se muestra el tiempo que ha pasado en el video. Puede que te sea conveniente que ese tiempo coincida con el tiempo cero de tu experimento. Esto lo puedes hacer escribiendo '0' en donde dice 'Tiempo gráfica'. Da clic en aceptar y tendrás los datos que necesitas para realizar tu trabajo.

Importante:

Siempre que hagas el análisis de un video recuerda:

1. **Establecer el origen** del sistema de coordenadas en un punto conveniente.
2. **Alinear los ejes** en una dirección adecuada.
3. Haber agregado en tu video un objeto que te permita **fixar la escala**.
4. **Sincronizar los tiempos** para que, de preferencia, el primer punto corresponda al tiempo cero.

**Si están trabajando varios estudiantes en un mismo equipo, se sugiere que cada uno realice al menos los puntos 14 al 17.*

Capítulo 2

Movimiento rectilíneo

Práctica 1. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)

Conceptos clave

Posición – velocidad – movimiento rectilíneo uniforme – ecuación de posición

Introducción

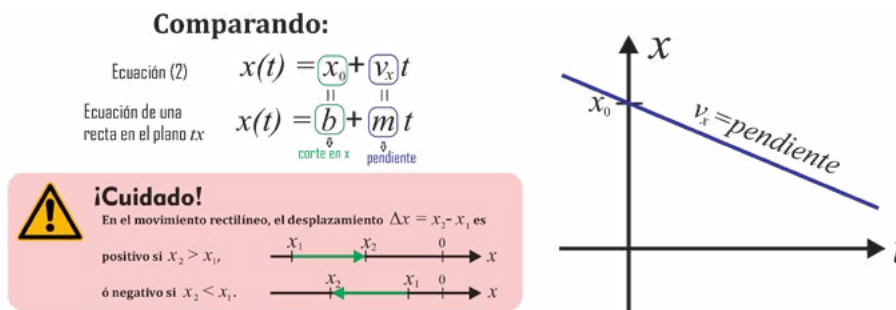
Podemos considerar el movimiento de un objeto como rectilíneo uniforme si, además de que su trayectoria está siempre en un eje coordenado, recorre desplazamientos iguales en intervalos de tiempo iguales. Lo anterior implica que la razón entre el desplazamiento, Δx , y el cambio en el tiempo, Δt , es constante, y dicha constante representa la velocidad.

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{constante} \quad (1)$$

Para obtener la posición como función del tiempo, $x(t)$, consideramos la ecuación anterior para un desplazamiento que inicia en x_0 y termina en x , en un intervalo de tiempo que inicia en $t=0$ y termina en un tiempo arbitrario t . Entonces, la ecuación (1) es ahora

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad (2)$$

Si representamos el movimiento en el plano $x(t)$, la ecuación (2) es la ecuación de una recta que tiene pendiente v y corta al eje x (vertical) en x_0

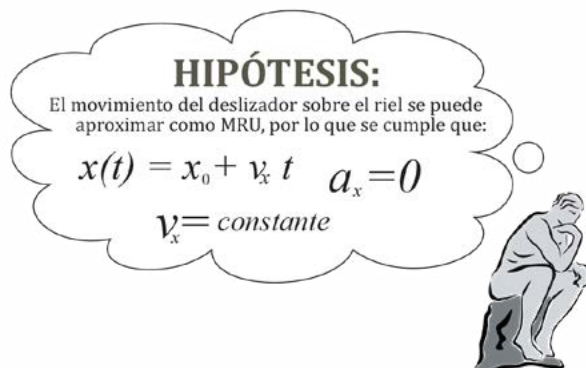


Objetivos:

En esta práctica analizaremos las propiedades del MRU considerando distintos movimientos de un deslizador en el riel de aire. A través de las mediciones obtenidas en la práctica encontraremos:

1) La función de la posición con respecto al tiempo y su representación gráfica.

2) La velocidad del deslizador en movimiento rectilíneo uniforme.



Procedimiento:

1. Sigue las instrucciones de tu profesor y del apéndice para montar el riel horizontalmente.
2. Cuidando que la cámara de video esté lo más inmovilizada posible, además de que esté bien alineada horizontal y verticalmente, toma tres videos del movimiento del deslizador empujándolo a tres velocidades (pequeñas) distintas. Como se mencionará más adelante, en los resultados deberás mostrar al menos una velocidad positiva y una negativa, y al menos una posición inicial cero y una distinta de cero.

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador
Espiga
Cámara de video

Análisis de datos y resultados

Ahora vas a realizar el análisis de video del movimiento de la espiga en cada caso.

Importante:

Deberas fijar el origen del sistema de coordenadas y la orientación de los ejes. El movimiento de la espiga es en el eje x.

Para cada uno de los tres casos, deberás mostrar al menos una velocidad positiva y una negativa, y al menos una posición inicial cero y una distinta de cero.

1. Para el video 1, genera una gráfica de la posición de la espiga. Realiza un bosquejo en el cuadro (a) de la figura 1.1. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala.
2. Haz un ajuste lineal a la curva y compara la ecuación que genera el ajuste con la ecuación de la posición en el MRU, (ecuación (2)). Escribe tus resultados en la columna correspondiente de la tabla 1.1.

Video 1	Video 2	Video 3
$x_0=$	$x_0=$	$x_0=$
$v_x=$	$v_x=$	$v_x=$

Tabla 1.1. Parámetros físicos para cada uno de los tres videos.

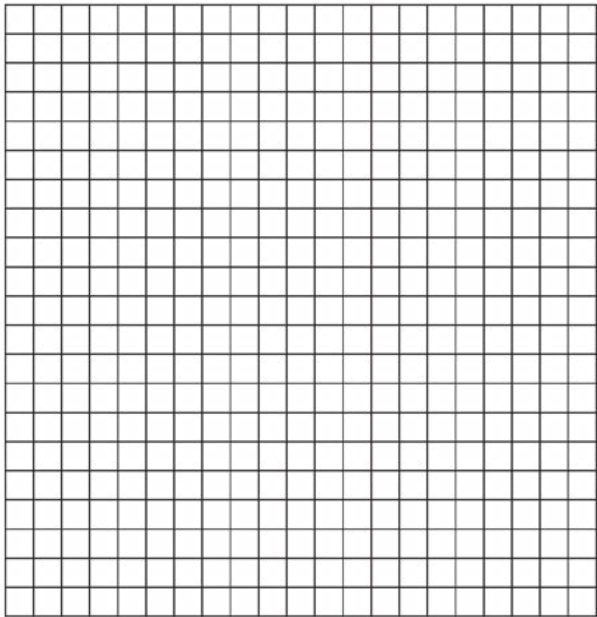


Figura 1.1 a)

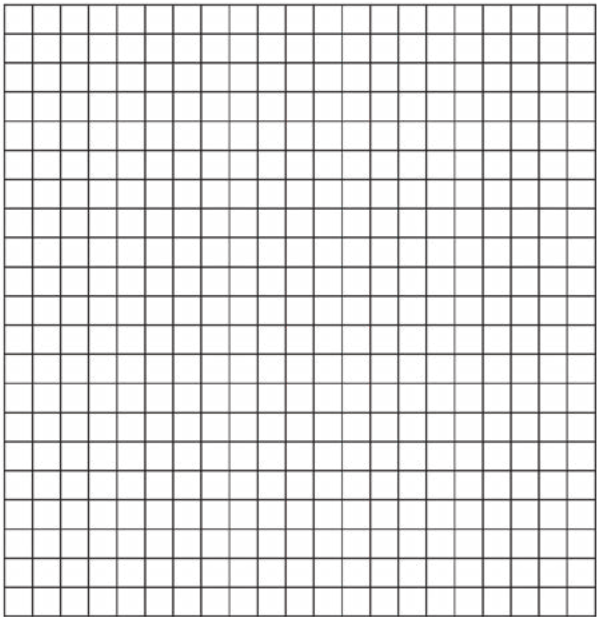


Figura 1.1 b)

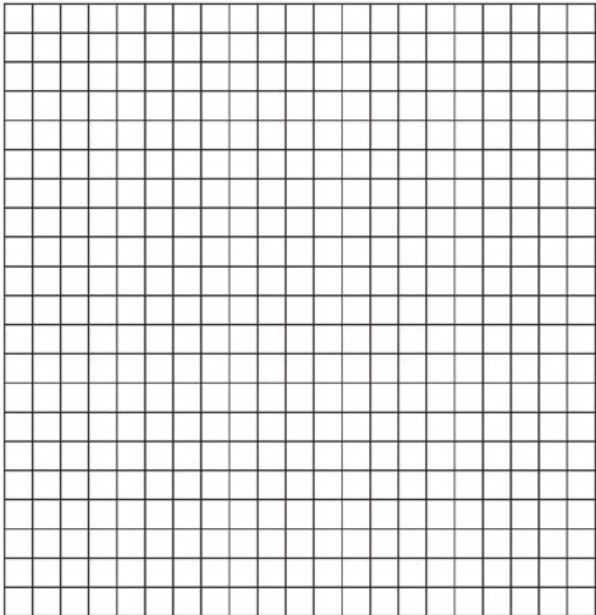


Figura 1.1 c)

3. Repite los dos pasos anteriores para los videos 2 y 3. Registra los bosquejos en las figuras 1.1 b) y 1.1 c).

i). Reporta las diferencias que encontraste en las gráficas en cuanto a

a) diferente sentido de la velocidad

b) diferente rapidez

c) diferente posición inicial

ii). ¿Consideras que el ajuste lineal es el mejor ajuste que se podía hacer a los datos?

¿Por qué?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Práctica 2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA)

Conceptos clave

Aceleración – movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) – ecuaciones de posición y velocidad

Introducción

Podemos considerar el movimiento de un objeto como rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) si, además de que su trayectoria está siempre contenida en un eje, existe un valor de aceleración constante (positivo o negativo, pero diferente de cero).

$$a = \text{constante}, \quad (1)$$

donde a es la razón de cambio de la velocidad en el tiempo y se mide en (m/s^2) . Entonces, la velocidad en función del tiempo está dada por la expresión,

$$v(t) = v_0 + a t, \quad (2)$$

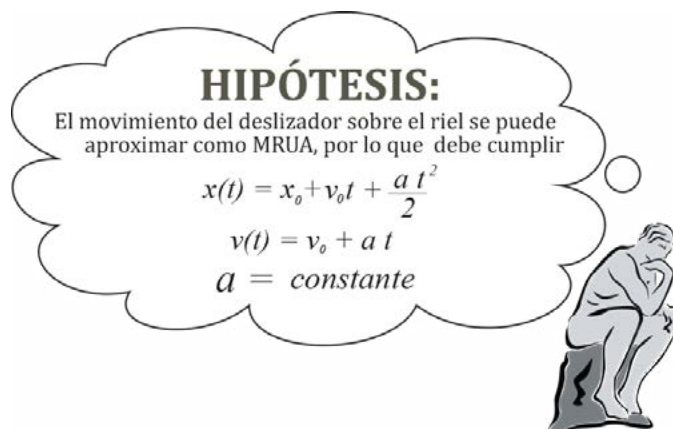
donde v_0 es la velocidad en $t=0$. Asimismo, la posición en función del tiempo cumple con la ecuación,

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad (3)$$

donde x_0 es la posición en $t=0$.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de un deslizador en el riel de aire con distintas condiciones iniciales para posición y velocidad. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:



- 1) Las funciones posición y velocidad en términos del tiempo y su representación gráfica.
- 2) Los parámetros que describen el movimiento del deslizador.

Procedimiento:

1. Sigue las instrucciones de tu profesor y del apéndice para montar el riel inclinado.
2. Cuidando que la cámara de video esté lo más inmovilizada posible, además de que esté bien alineada horizontal y verticalmente, toma tres videos del movimiento del deslizador. Más adelante vas a elegir tu sistema de coordenadas, de manera que la aceleración sea positiva. Tomando esto en cuenta para tus tres videos, en un caso deberás mostrar una velocidad inicial positiva, en otra negativa, y en otro cero.

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador
Espiga
Barra de madera
Cámara de video

Análisis de datos y resultados

Ahora analizarás el movimiento de la espiga en cada uno de los casos anteriores.

Importante:

- El movimiento de la espiga es en el eje x.
 - Deberás fijar el origen del sistema de coordenadas, de manera que la aceleración positiva corresponda al sentido del eje x en el que el riel se inclina.
 - Para cada uno de los tres casos elige distintas posiciones iniciales, de manera que al menos una posición inicial sea cero y una distinta de cero.
1. Para el video 1, genera una gráfica de la posición de la espiga. Realiza un bosquejo en el cuadro a) de

la figura 2.1. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala. Repite el procedimiento con los videos 2 y 3. Realiza los bosquejos correspondientes en los cuadros b) y c) de la figura 2.1.

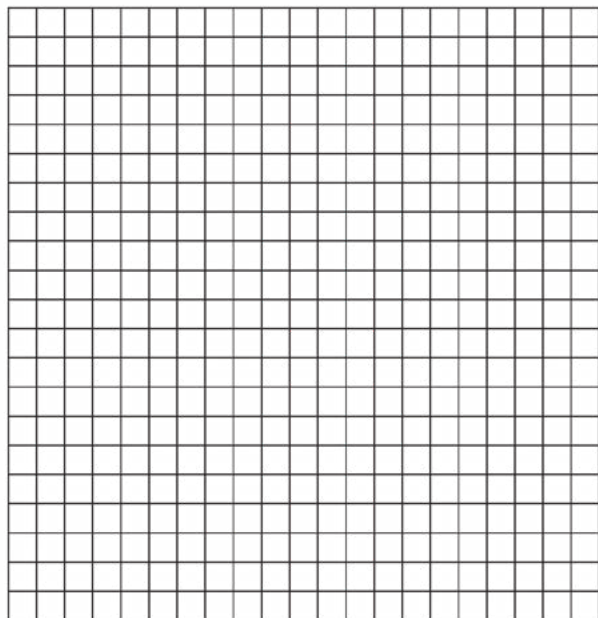


Figura 2.1 a)

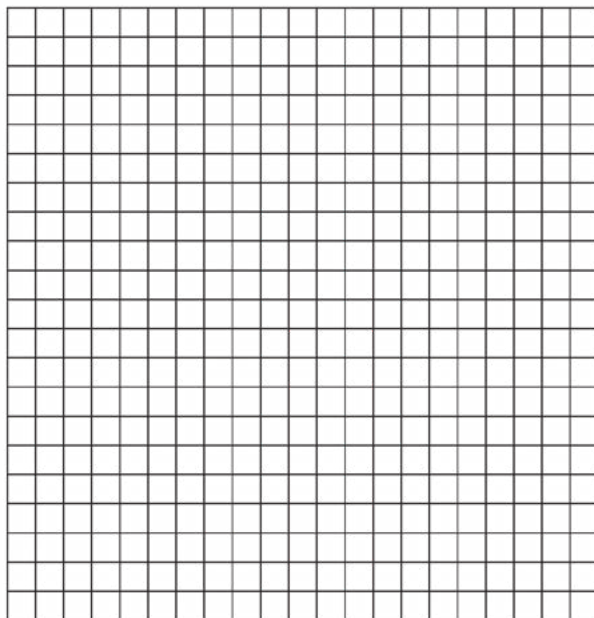


Figura 2.1 b)

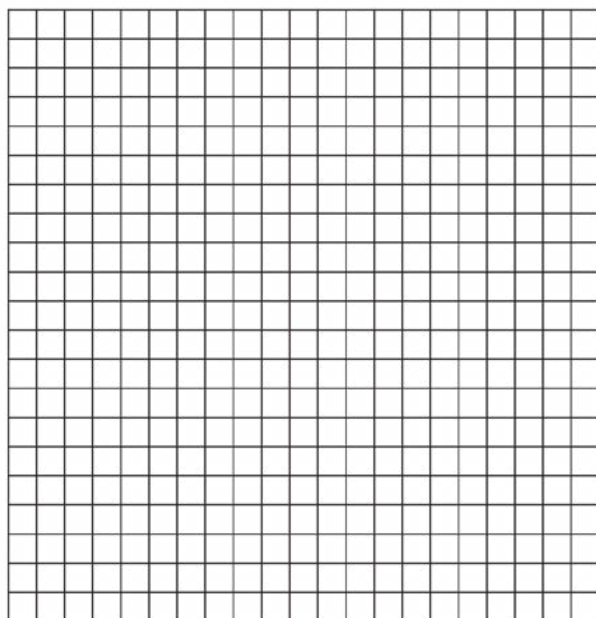


Figura 2.1 c)

2. Haz un ajuste cuadrático a cada curva y compara la ecuación que genera el ajuste con la ecuación de la posición en el MRUA.

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

Escribe tus resultados en la columna correspondiente de la tabla 2.1 con 3 dígitos decimales. No olvides las unidades adecuadas correspondientes. Repite lo anterior para los videos 2 y 3.

3. A partir de una columna calculada en cada caso, con los datos que acabas de encontrar, genera una gráfica para la velocidad como función del tiempo para cada caso. Realiza un bosquejo para cada caso en los cuadros de la figura 2.2. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala. Repite lo anterior para los videos 2 y 3.

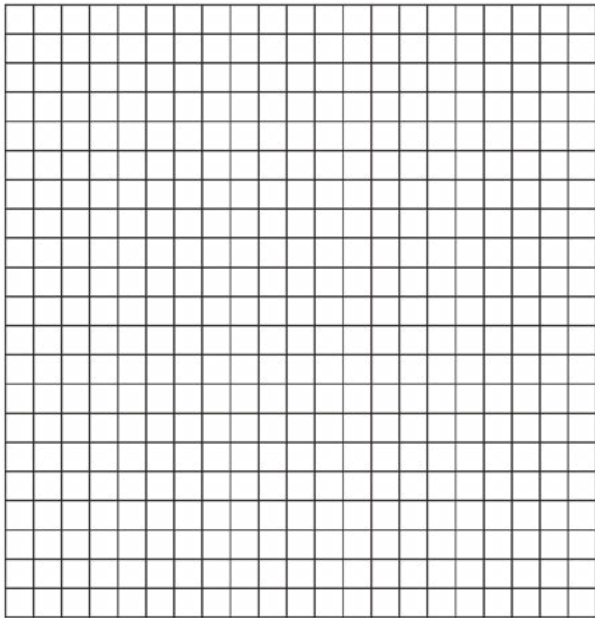


Figura 2.2 a)

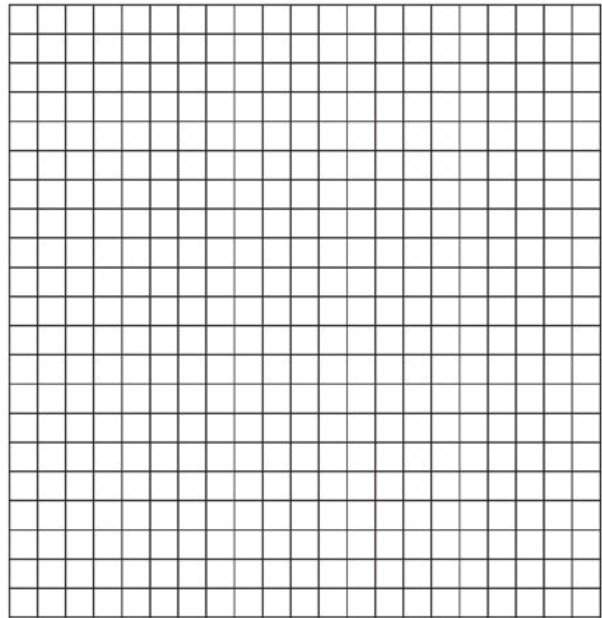


Figura 2.2 b)

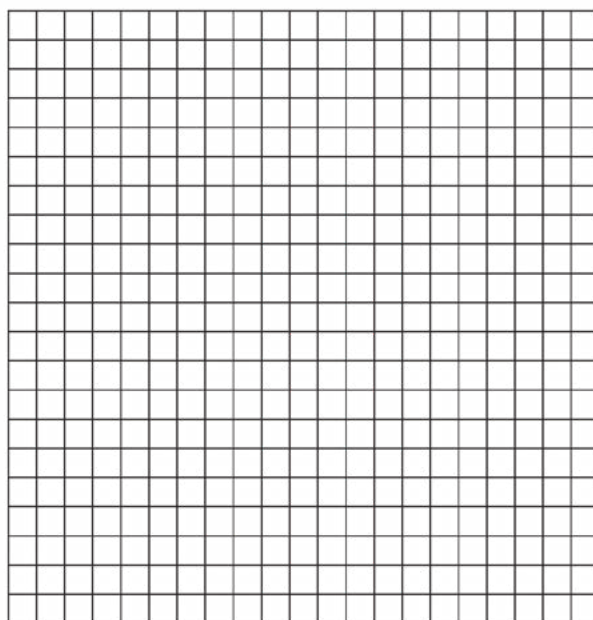


Figura 2.2 c)

1. ¿Es la aceleración la misma en los tres casos? _____ ¿Esperabas este resultado? _____
¿Por qué?

2. Reporta las diferencias o similitudes que encuentres en las gráficas de posición contra tiempo en cuanto a:
i) Diferente signo de la velocidad inicial

ii) Diferente posición inicial

iii) ¿Diferente aceleración?

3. Reporta las diferencias o similitudes que encuentres en las gráficas de velocidad contra tiempo en cuanto a:

i) Diferente signo de la velocidad inicial

ii) Diferente posición inicial

iii) ¿Diferente aceleración?

4. ¿Consideras que el ajuste cuadrático es el mejor ajuste que se podía hacer a los datos de las gráficas de posición contra tiempo? _____ ¿Por qué? _____

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Práctica 3. Caída libre y tiro vertical

Conceptos clave

Caída libre – tiro vertical – ecuaciones de posición y velocidad introducción.

El movimiento que vamos a estudiar es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado que se da en el eje vertical y en el que el valor de la aceleración constante tiene sentido negativo (hacia abajo) y magnitud igual a

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

donde g es la aceleración de la gravedad. Se suele considerar que si la velocidad inicial del objeto en movimiento es distinta de cero, entonces se llama tiro vertical y si solo se deja caer (velocidad inicial cero), caída libre. Como es un caso de MRUA, ya conocemos la velocidad en función del tiempo, que está dada por

$$v_y(t) = v_{0,y} - g t \quad (2)$$

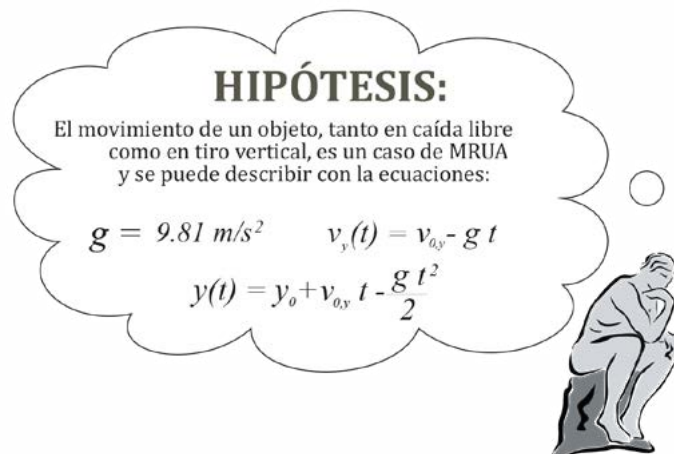
donde v_0 es la velocidad en $t=0$. Asimismo, la posición en función del tiempo cumple con la ecuación:

$$y(t) = y_0 + v_{0,y} t - \frac{g t^2}{2} \quad (3)$$

donde y_0 es la posición en $t=0$.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de un objeto que se deja caer desde una cierta altura, así como de una pelota que se dispara verticalmente hacia arriba. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:



- 1) El valor de la aceleración de la gravedad.
- 2) Los parámetros que describen al tiro vertical.

Procedimiento:

1. Desde de una altura aproximada de 2 m, deja caer (suelta desde el reposo) una moneda de \$1 y una de \$10 al mismo tiempo. Cuidando que la cámara de video esté lo más inmovilizada posible, además de que esté bien alineada horizontal y verticalmente, toma el video de su trayectoria hasta el suelo.
2. Sigue las instrucciones de tu profesor para usar el lanzador de proyectiles. Con este completamente vertical, lanza la pelota. Toma el video de su trayectoria hasta que regrese a la altura que fue lanzada.

Equipo de trabajo
Lanzador de proyectiles
Pelota
Regla de madera
Una moneda de \$1 y otra de \$10
Cámara de video

Importante:

- Cuida que en ambos videos aparezca la regla de madera que te permita fijar la escala en el análisis de video.
- Verifica que el movimiento se dé en el eje y, orientado de forma que y positiva sea hacia arriba. Puedes poner el origen del sistema de coordenadas en el suelo para el experimento de las monedas, y en la boca del lanzador para el experimento de la pelota.

Análisis de datos y resultados

Ahora vas a realizar el análisis de video del movimiento de las monedas y la pelota.

Parte I. Caída libre

- 1.1. Genera una gráfica de la posición de la moneda de \$1 y, mediante un ‘una nueva serie de puntos en el mismo video’ en el mismo video, una de la posición de la moneda de \$10. Realiza un bosquejo de cada gráfica en la figura 3.1. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala.

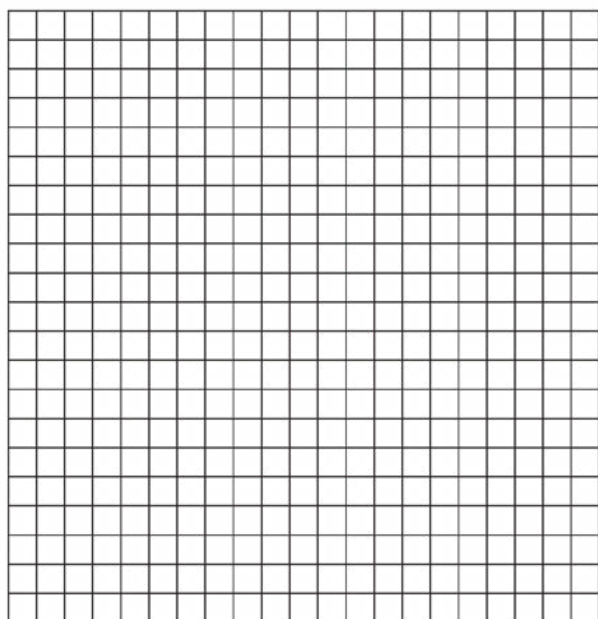


Figura 3.1 a) Moneda de \$1

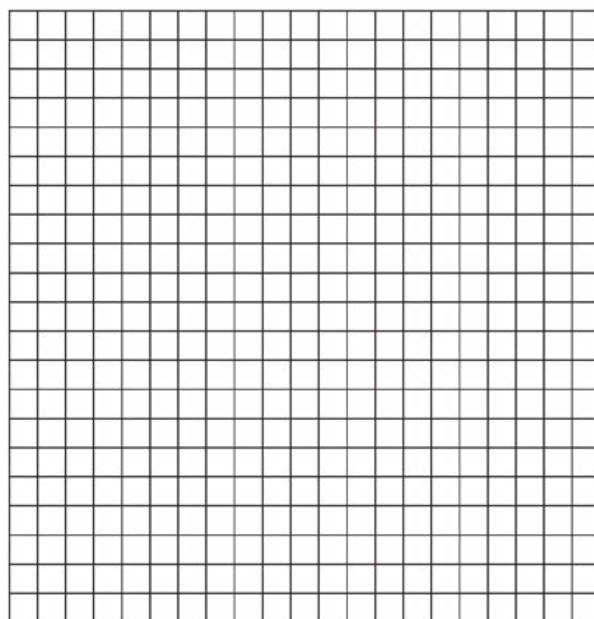


Figura 3.1 b) Moneda de \$10

- i) De acuerdo con las gráficas, ¿cuál es el tiempo que tarda la moneda de \$1 en caer al suelo desde que la soltaste? _____ ¿y de la de \$10? _____
- 1.2. Haz un ajuste cuadrático a ambas curvas y compara las ecuaciones que genera el ajuste con la ecuación de la posición en caída libre, $y(t) = y_0 + v_{0,y} t - \frac{g}{2} t^2$. Escribe tus resultados en la tabla 3.1 con tres dígitos decimales y unidades adecuadas.

Moneda de \$1	Moneda de \$10
$y_0 =$	$y_0 =$
$v_{0,y} =$	$v_{0,y} =$
$g =$	$g =$

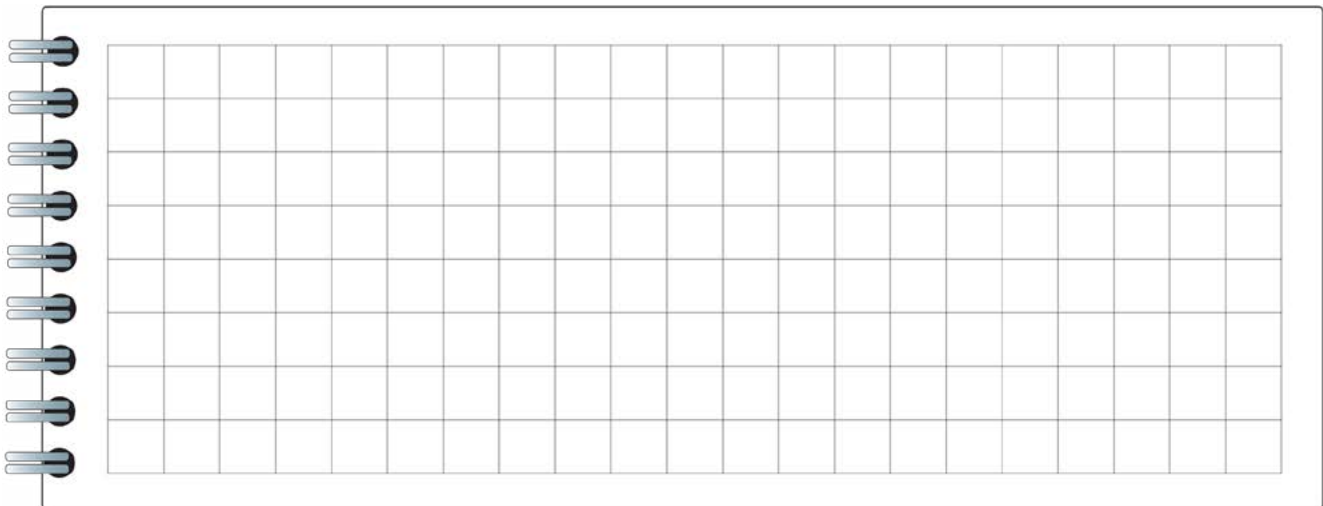
Tabla 3.1. Parámetros físicos para la caída libre de las monedas.

ii) ¿Es la aceleración la misma en ambos casos? _____ ¿Esperabas este resultado? _____
¿Por qué?

iii) ¿El valor conocido de $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ queda dentro de la incertidumbre en los valores de la aceleración encontrada? _____ Si no es así, ¿a qué crees que se deba?

1.3. De acuerdo con la ecuación de la posición, calcula el tiempo que tardarían las monedas en caer al suelo desde la altura que las soltaste. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



iv) Con los datos de la tabla 3.1, ¿cuáles son los tiempos que deberían haber tardado las monedas en caer?
Moneda de \$1 _____ Moneda de \$10 _____

v) ¿Es este tiempo consistente con el valor encontrado en la pregunta i)? _____
Si no lo es, ¿a qué crees que se deba

1.4. De acuerdo con la ecuación de la velocidad, $v_y(t) = v_{0,y} - g t$, ¿cuál es la rapidez con la que la moneda de \$1 golpea el piso? _____ ¿y la de \$10? _____

Parte II. Tiro vertical

2.1. Genera una gráfica de la posición contra tiempo de la pelota y realiza un bosquejo en la figura 3.2, cuidando el etiquetado de los ejes y su escala.

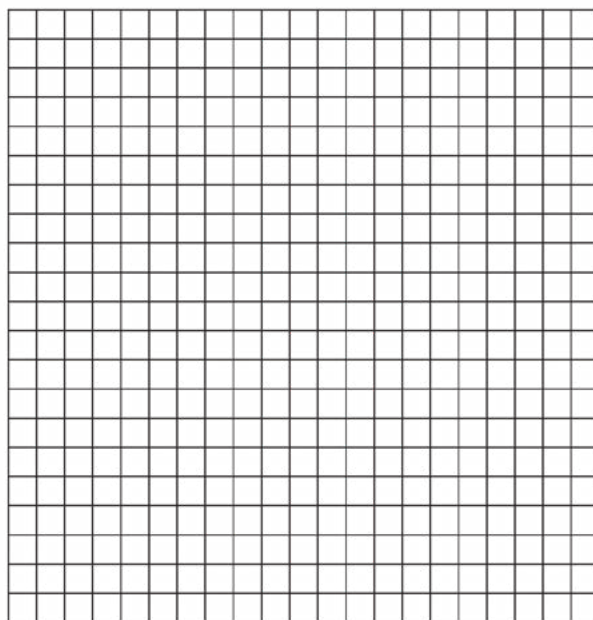


Figura 3.2

i) De acuerdo con la gráfica, ¿cuál es la mayor altura que alcanza la pelota, con respecto a la boca del lanzador? _____

2.2. Haz un ajuste cuadrático a la curva y de nuevo compara la ecuación que genera el ajuste con la ecuación, $y(t) = y_0 + v_{0,y} t - \frac{g}{2} t^2$. Escribe tus resultados con las unidades adecuadas y 3 dígitos decimales.

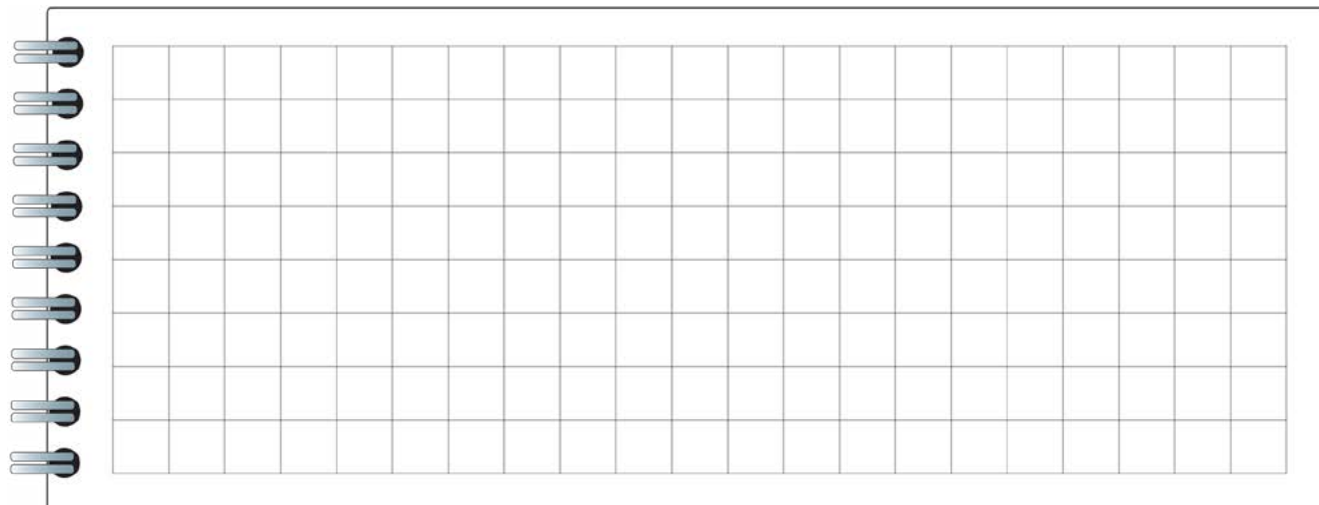
$y_0 =$ _____ $v_{0,y} =$ _____ $g =$ _____

i) ¿Es la aceleración igual que en el experimento anterior? _____ ¿Esperabas este resultado? _____
 ¿Por qué? _____

ii) ¿El valor conocido de $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ queda dentro de la incertidumbre en los valores de la aceleración encontrada? Si no es así, ¿a qué crees que se deba?

2.3. De acuerdo con las ecuaciones de posición y velocidad, calcula la altura máxima que alcanzaría la pelota desde la boca del lanzador de proyectiles. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



2.4. Con los datos de tu experimento, ¿cuál es la altura máxima que debería haber alcanzado la pelota?

2.5. ¿Es este valor consistente con el encontrado en la pregunta 2.1 i)? Si no es así, ¿a qué crees que se deba?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Capítulo 3

Movimiento en dos dimensiones

Práctica 4. Tiro parabólico

Conceptos clave

Tiro parabólico – ecuaciones de movimiento – tiempo de vuelo – altura – alcance

Introducción

Si no consideramos la resistencia del aire, un objeto que es lanzado con una velocidad inicial de magnitud v_0 y un ángulo θ describirá una trayectoria en forma de parábola. Esta trayectoria es una superposición de los movimientos anteriormente estudiados. En el eje horizontal el movimiento es rectilíneo uniforme MRU,

$$v_x = v_0 \cos \theta, \quad x(t) = x_0 + v_x t, \quad (1)$$

mientras que en el eje vertical el movimiento es tiro vertical,

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

donde $g=9.81 \text{ m/s}^2$ y $v_{0,y} = v_0 \sin \theta$.

A partir de las ecuaciones que describen el tiro parabólico, es posible calcular cuánto tiempo le toma al objeto en movimiento volver a su misma altura. Esto se conoce como **tiempo de vuelo** (t_v) y se calcula como:

$$t_v = 2 v_0 \sin(\theta)/g \quad (3)$$

En este mismo sentido, la altura máxima que alcanza durante su trayecto (con respecto a su posición inicial), que llamaremos simplemente **altura** (h) es

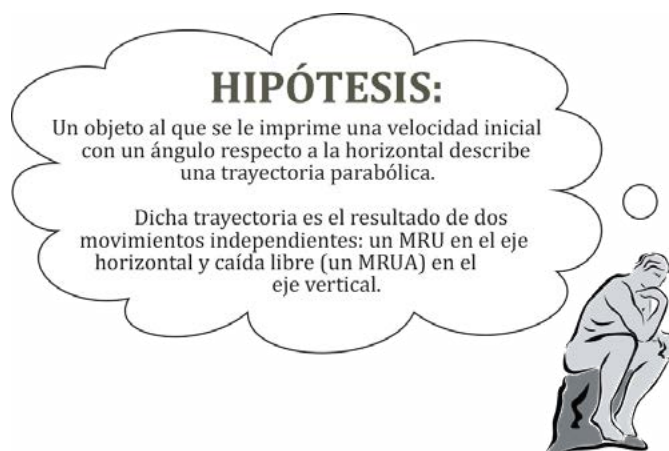
$$h = v_0^2 \sin^2(\theta)/2g \quad (4)$$

y la distancia horizontal que recorre, **alcance** R , es,

$$R = v_0^2 \sin(2\theta)/g \quad (5)$$

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de una pelota lanzada con distintos ángulos respecto a la horizontal. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:



- 1) La velocidad inicial de una pelota que sale disparada.
- 2) El tiempo de vuelo, la altura máxima y el alcance.

Procedimiento:

Equipo de trabajo
Lanzador de proyectiles
Pelota
Regla de madera
Cámara de video

1. Sigue las instrucciones de tu profesor para usar el lanzador de proyectiles.
2. Para tres ángulos distintos:

$$\theta_1 = \text{---}, \theta_2 = \text{---} \text{ y } \theta_3 = \text{---},$$

lanza la pelota. Toma el video de su trayectoria hasta que regresa a la altura del lanzador.

IMPORTANTE:

- Cuida que en los videos aparezca una regla de madera que te permita fijar la escala en el análisis de video.
- Verifica que el origen del sistema de coordenadas este en la boca del lanzador, además de que los ejes estén alineados de tal manera que el horizontal coincida con el eje x y el vertical, con el y.

Análisis de datos y resultados

Ahora analizarás el movimiento de la pelota.

1. Para cada uno de los ángulos, genera dos gráficas: una de la componente horizontal de la posición de la pelota y una de la componente vertical.
- i) De acuerdo con las gráficas, escribe en la tabla 4.1 los tiempos que le toma a la pelota regresar a la misma altura de la que salió. Escribe el resultado con 3 decimales.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$t_{vE} =$ _____	$t_{vE} =$ _____	$t_{vE} =$ _____

Tabla 4.1. Tiempos de vuelo para los tres ángulos de disparo obtenidos en el experimento.

2. Haz el ajuste que consideres conveniente a cada gráfica y encuentra los parámetros que describen el movimiento. Escribe tus resultados en la tabla 4.2 con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$v_{0,x} =$ _____	$v_{0,x} =$ _____	$v_{0,x} =$ _____
$v_{0,y} =$ _____	$v_{0,y} =$ _____	$v_{0,y} =$ _____
$a_x =$ _____	$a_x =$ _____	$a_x =$ _____
$a_y =$ _____	$a_y =$ _____	$a_y =$ _____

Tabla 4.2: Parámetros físicos para cada uno de los 3 ángulos a partir de las gráficas para posición contra tiempo.

- i) ¿Qué ajuste realizaste a la gráfica de la coordenada x ? _____
¿Por qué?

- ii) ¿Qué ajuste realizaste a la gráfica de la coordenada y ? _____
¿Por qué?

- iii) ¿Consideras que la aceleración en el eje vertical es $g=9.81 \text{ m/s}^2$? _____
¿Por qué?

3. Escribe en la tabla 4.3 los valores de la rapidez inicial para cada uno de los 3 tiros con tres diferentes ángulos.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$v_0 =$	$v_0 =$	$v_0 =$

Tabla 4.3. Rapidez inicial para los tres ángulos de disparo.

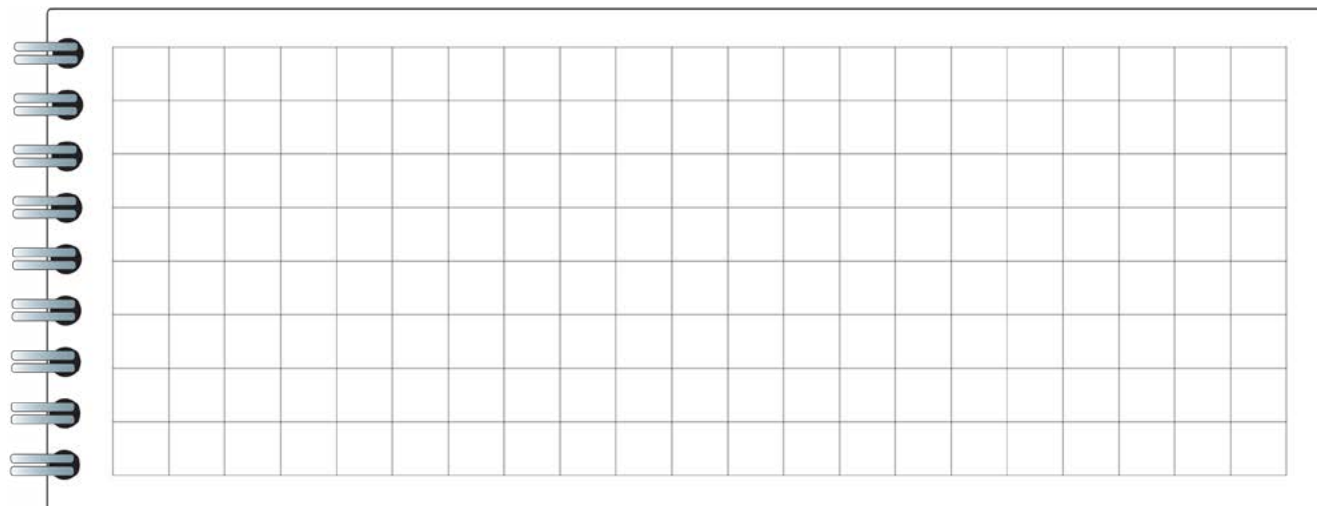
Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

4. De acuerdo con las ecuaciones de velocidad en cada uno de los ejes y los valores que encontraste en la tabla 4.2 y en la pregunta 1 i), calcula la rapidez con la que la pelota llega a la misma altura a la que se lanzó (rapidez final) y escribe los resultados en la tabla 4.4.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$v_f =$	$v_f =$	$v_f =$

Tabla 4.4. Rapidez final para los tres ángulos de disparo.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



i) ¿Coinciden estas rapidezces finales con los valores de la tabla 4.3? _____
¿Por qué?

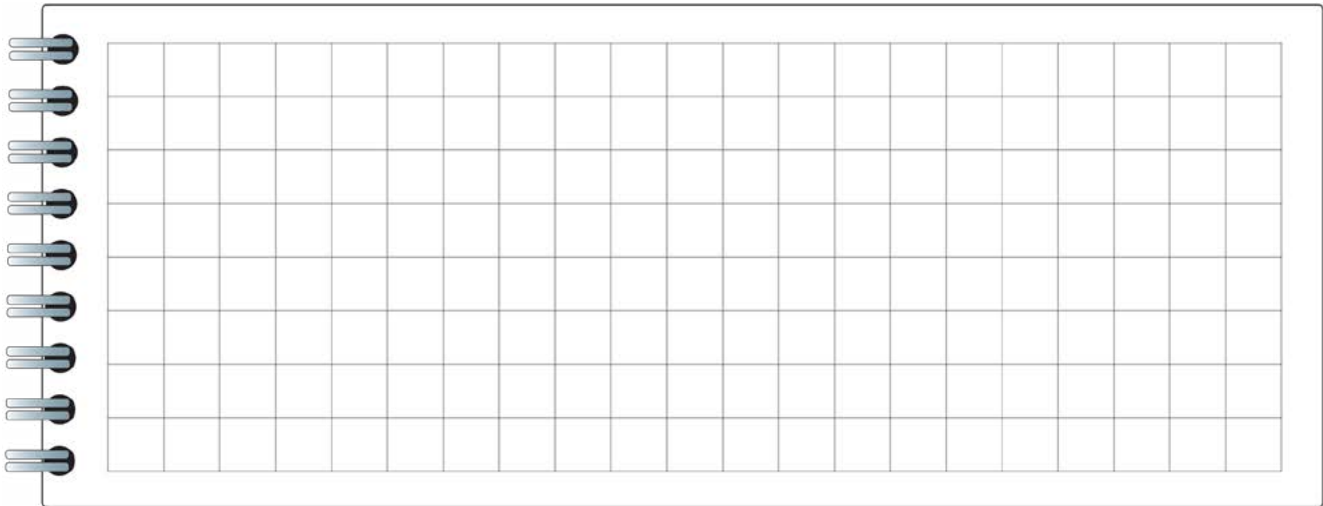
ii) Calcula, a partir de la ecuación (3), el tiempo de vuelo teórico y llena la tabla 4.5.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$t_{vT} =$	$t_{vT} =$	$t_{vT} =$

Tabla 4.5: Tiempos de vuelo para los tres ángulos de disparo teóricos.

iii) ¿Coinciden estos tiempos con los valores de la tabla 4.1? _____
¿Por qué?

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



2.1. Genera ahora una gráfica de x vs. y y realiza un bosquejo en la figura 4.1, cuidando el etiquetado de los ejes y su escala.

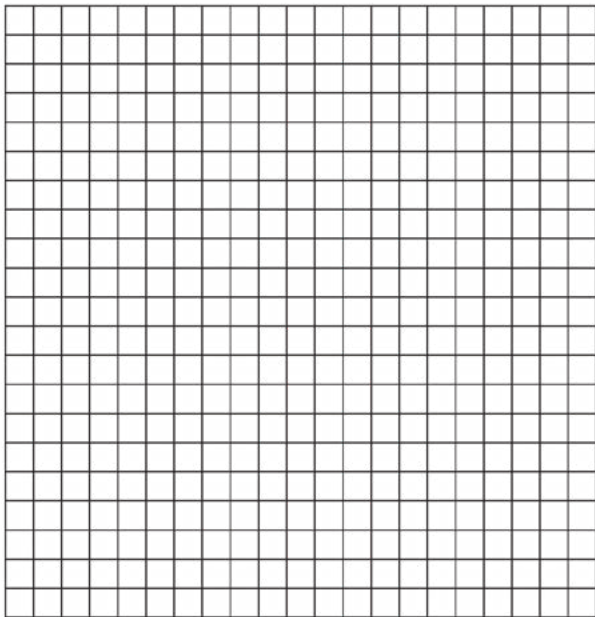


Figura 4.1 a) θ_1

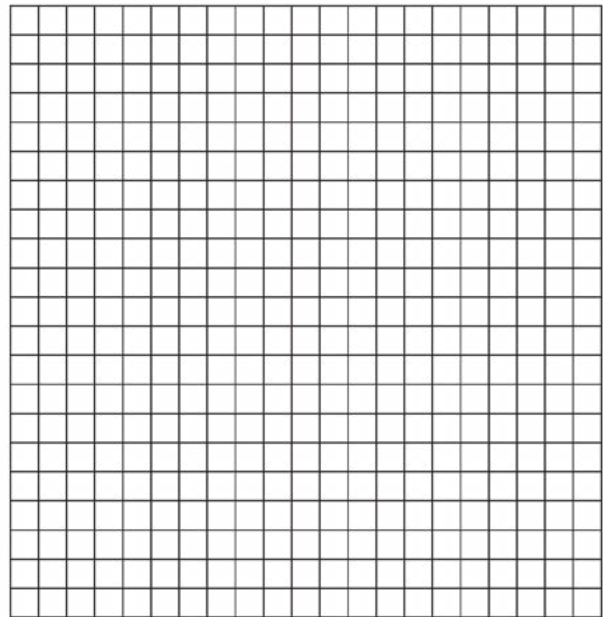


Figura 4.1 a) θ_2

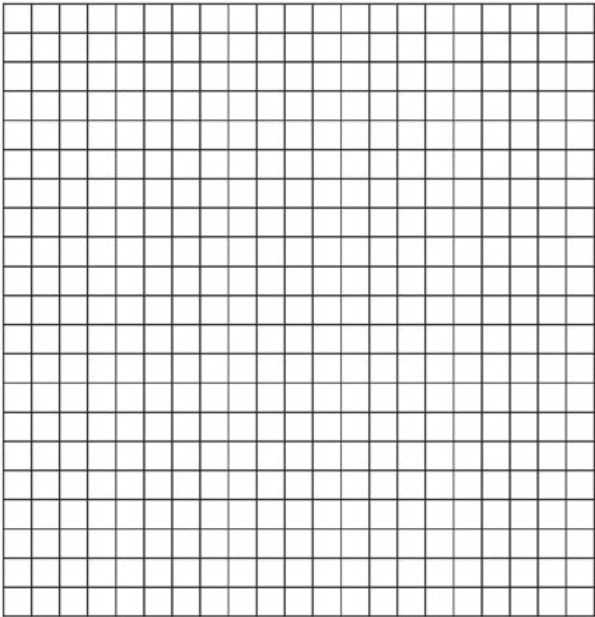


Figura 4.1 a) θ_3

i) De acuerdo con las gráficas, ¿cuál es el valor de la altura y el alcance en cada caso? Llena la tabla 4.6 con las respuestas con unidades adecuadas y 3 decimales.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$h_s =$	$h_s =$	$h_s =$
$R_s =$	$R_s =$	$R_s =$

Tabla 4.6. Altura máxima y alcance horizontal para los 3 ángulos de tiro obtenidos en el experimento.

ii) A partir de las ecuaciones (4) y (5), calcula las alturas y alcances teóricos. Reporta los resultados con 3 decimales en la tabla 4.7.

Caso a) $\theta_1 =$ _____	Caso b) $\theta_2 =$ _____	Caso c) $\theta_3 =$ _____
$h_s =$	$h_s =$	$h_s =$
$R_s =$	$R_s =$	$R_s =$

Tabla 4.7. Altura máxima y alcance horizontal para los 3 ángulos de tiro teóricos.

i) ¿Coinciden estos valores con los de la tabla 4.6? _____ ¿Por qué?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Práctica 5. Movimiento circular

Conceptos clave

Movimiento circular uniforme – rapidez – periodo – frecuencia – aceleración centrípeta

Introducción

El movimiento circular uniforme (MCU) lo describe un objeto que se mueve en una trayectoria circular de radio r y cuya velocidad es variable ya que su dirección cambia en cada punto del trayecto, lo que implica que el vector de su velocidad es variable. Sin embargo, su rapidez permanece constante en toda la trayectoria. La rapidez se calcula como,

$$v = 2\pi r/T \quad (1)$$

$2\pi r$ es la distancia recorrida en una vuelta y T es el periodo, el cual determina el tiempo que tarda en dar una vuelta. También se puede cuantificar el número de vueltas por unidad de tiempo, este concepto es conocido como frecuencia, f , y se calcula como el recíproco del periodo.

$$f = 1/T \quad (2)$$

Por otro lado, la razón entre el desplazamiento angular (en radianes) en una vuelta completa y el periodo, es igual a la frecuencia angular:

$$\omega = 2\pi/T \quad (3)$$

Como la velocidad varía en cada punto del trayecto al cambiar su dirección, entonces existe aceleración, a esta aceleración se le conoce como aceleración normal, centrípeta o radial, a y es un vector que apunta siempre hacia el centro de la trayectoria, con magnitud,

$$a_c = v^2/R \quad (4)$$

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de objetos en trayectorias circulares de distintos radios. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

HIPÓTESIS:

Dos objetos que siguen trayectorias circulares que empiezan y terminan al mismo tiempo tienen diferente rapidez y aceleración dependiendo del radio de la trayectoria.



- 1) Las funciones posición, velocidad y aceleración en términos del tiempo. para el movimiento circular.
- 2) La rapidez y aceleración de objetos en movimiento circular con distintos radios

Procedimiento:

Equipo de trabajo
Disco
Tres objetos pequeños
Regla de madera
Cámara de video

1. Escoge 3 objetos pequeños y escribe su nombre a continuación,

Objeto 1: _____ Objeto 2: _____ Objeto 3: _____

2. Coloca los 3 objetos sobre el disco a diferentes posiciones respecto al centro. Mide dichas posiciones (radios) en metros con 3 decimales.

r_1 : _____ r_2 : _____ r_3 : _____

3. Gira el disco con una rapidez tal que los objetos no resbalen y toma video desde arriba.

Análisis de datos y resultados

Vas a analizar el movimiento de los objetos. Te sugerimos medir el radio de la plataforma para fijar la escala.

1. Para cada uno de los objetos, genera dos gráficas: una de la componente horizontal x contra el tiempo y una de la componente vertical y contra el tiempo. Puedes añadir tres series de puntos independientes en el mismo análisis de video usando el botón 'Establecer punto activo'.
- i) De acuerdo a las gráficas, escribe el valor del periodo T y la frecuencia angular ω del movimiento en las unidades correspondientes y con 3 decimales.

$$T = \underline{\hspace{2cm}}. \quad \omega = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- ii) Haz un ajuste de la forma para $A \text{ sen } (Bt+C) + D$ cada una de las gráficas anteriores (tanto para la de x como para la de y de cada objeto).

$A \text{ sen } (Bt+C) + D$					
Objeto 1		Objeto 2		Objeto 3	
x	y	x	y	x	y
$A =$	$A =$	$A =$	$A =$	$A =$	$A =$
$B =$	$B =$	$B =$	$B =$	$B =$	$B =$
$C =$	$C =$	$C =$	$C =$	$C =$	$C =$
$D =$	$D =$	$D =$	$D =$	$D =$	$D =$

Tabla 5.1: Parámetros físicos para las componentes horizontal y vertical de la posición de cada objeto.

2. Escribe las funciones x y y en función del tiempo con los valores de la tabla 5.1.

$$\begin{aligned}
 \text{Objeto 1} \quad & \begin{cases} x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \\ y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \end{cases} \\
 \text{Objeto 2} \quad & \begin{cases} x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \\ y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \end{cases} \\
 \text{Objeto 3} \quad & \begin{cases} x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \\ y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) + \underline{\hspace{1cm}}. \end{cases}
 \end{aligned}$$

- iii) ¿Qué tanto se parecen los valores de A a r_1 , r_2 y r_3 ? $\underline{\hspace{4cm}}$
 Entonces, ¿Qué representan físicamente los valores de la tabla 5.1?

- v) Compara los valores de B con el valor de ω . ¿Que representan físicamente los valores de la tabla 5.1?

- v) ¿Qué tanto crees que esté relacionado el valor de C con el ángulo que forma la posición inicial con el eje x ?

- vi) ¿Cómo crees que esté relacionado el valor de D con la elección del origen de coordenadas?

3. Deriva las funciones de posición respecto al tiempo del paso 2 y escríbelas a continuación.

$$\begin{aligned}
 \text{Objeto 1} \quad & \begin{cases} v_x(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \\ v_y(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \end{cases} \\
 \text{Objeto 2} \quad & \begin{cases} v_x(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \\ v_y(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \end{cases} \\
 \text{Objeto 3} \quad & \begin{cases} v_x(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \\ v_y(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cos(\underline{\hspace{2cm}} t + \underline{\hspace{2cm}}) . \end{cases}
 \end{aligned}$$

4. Con las ecuaciones anteriores genera una columna calculada para la magnitud de la aceleración de cada objeto y realiza una gráfica donde se muestre su comportamiento en función del tiempo

$$\text{Rapidez: } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

i) ¿Que comportamiento tiene la magnitud de la aceleración en el tiempo? _____
¿Por qué?

ii) Si pudieras aproximarla a un valor constante, apunta en la tabla 5.3 cuál sería para cada objeto. Recuerda escribir las unidades adecuadas y 3 cifras decimales.

Objeto 1	Objeto 2	Objeto 3
$v =$	$v =$	$v =$

Tabla 5.2. Rapidez de cada objeto.

iii) ¿Cómo es la rapidez de cada objeto a medida que este se aleja del centro?

iv) Divide cada rapidez entre su respectivo radio. Escribe el resultado en la tabla 5.3.

Objeto 1	Objeto 2	Objeto 3
$v/r_1 =$	$v/r_2 =$	$v/r_3 =$

Tabla 5.3. Proporción entre Rapidez y radio para cada objeto.

v) ¿Coinciden aproximadamente estos valores entre sí? _____
¿Por qué?

¿Qué magnitud física representa este valor aproximadamente?

5. ¿Cómo es compatible todo lo anterior con el hecho de que los 3 objetos completan la vuelta al mismo tiempo?

6. Deriva las funciones de velocidad respecto al tiempo del paso 3 y escríbelas a continuación.

$$\begin{aligned}
 \text{Objeto 1} \quad & \begin{cases} a_x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \\ a_y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \end{cases} \\
 \text{Objeto 2} \quad & \begin{cases} a_x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \\ a_y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \end{cases} \\
 \text{Objeto 3} \quad & \begin{cases} a_x(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \\ a_y(t) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ sen } (\underline{\hspace{1cm}} t + \underline{\hspace{1cm}}) . \end{cases}
 \end{aligned}$$

7. Con las ecuaciones anteriores genera una columna calculada para la magnitud de la aceleración de cada objeto y realiza una gráfica donde se muestre su comportamiento en función del tiempo.

$$\text{Magnitud de la aceleración: } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

i) ¿Que comportamiento tiene la magnitud de la aceleración en el tiempo? _____
¿Por qué?

ii) Si pudieras aproximarla a un valor constante, apunta en la tabla 5.3 cuál sería para cada objeto. Recuerda escribir las unidades adecuadas y 3 cifras decimales.

Objeto 1	Objeto 2	Objeto 3
$a =$	$a =$	$a =$

Tabla 5.3. Magnitud de la aceleración de cada objeto.

8. ¿Cómo puede haber aceleración de magnitud constante y al mismo tiempo rapidez

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Capítulo 4

Dinámica translacional

Práctica 6. Leyes de Newton

Conceptos clave

Fuerza – masa – peso – Segunda ley de Newton

Introducción

La dinámica estudia las causas que producen el movimiento. Dichas causas tienen su origen en el tipo de interacción entre objetos. A esta interacción entre dos o más objetos la denominaremos como fuerza, la cual se mide en Newtons (N).

Al estudiar la interacción entre cuerpos, notaremos que estos se opondrán a cambiar su estado de reposo o movimiento, siendo algunos más fáciles y otros más difíciles de mover o detener. A esta oposición a cambiar su estado de reposo o movimiento la denominaremos como Inercia.

Si al interactuar un cuerpo con su entorno se genera una fuerza neta sobre él, esto implicará su aceleración con la misma dirección y sentido que la fuerza neta. Esto lo podemos describir a partir de la segunda ley de Newton,

$$\Sigma F = m a, \quad (1)$$

donde ΣF es la fuerza neta, es decir, la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y m su masa.

Por otro lado, el peso (w), es una fuerza producida por la interacción entre el campo gravitacional terrestre y los cuerpos inmersos en dicho campo, y se calcula como el producto entre la masa y la aceleración gravitacional

$$w = m g \quad (2)$$

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de un deslizador sujeto a una polea de la que cuelgan diferentes pesas. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre fuerza neta, masa y aceleración descrita por la Segunda ley de Newton.
- 2) La fuerza de tensión en el hilo que conecta las pesas al deslizador.

HIPÓTESIS:

A través de la 2da Ley de Newton,

$$\Sigma F = ma,$$

es posible conocer la fuerza neta que actúa sobre un objeto si se estudia su movimiento, en particular, a partir de su aceleración.

**Procedimiento:**

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador
Espiga
Hilo
Portapesas
Juego de pesas
Polea
Báscula
Cámara de video

1. Pesa en la báscula el portapesas y después el deslizador con su espiga. Escribe a continuación el resultado con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Masa del deslizador:**Masa del portapesas:**
 $m_d = \underline{\hspace{2cm}} \quad m_p = \underline{\hspace{2cm}}$

2. Monta el riel horizontalmente. Recórrelo para que uno de sus extremos quede un poco más allá del borde de la mesa. Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos. Alinéalo con ayuda del deslizador.
3. Coloca la polea en el extremo del riel que da al borde de la mesa. Ata un extremo del hilo al deslizador y haz que el hilo pase alrededor de la polea, de manera que al estirarlo forme una línea paralela al riel.
4. Ata el otro extremo del hilo al portapesas, que colgará por el otro lado de la polea con libertad de bajar a un nivel más bajo que la mesa.

5. Coloca algunas pesas, a tu elección, en el portapesas o en el deslizador (sostén el deslizador mientras sea necesario). Registra a continuación:

caso 1: a) la masa total en el deslizador: $M_1 =$ _____ ,
b) la masa total en el portapesas: $m_1 =$ _____ .

6. Toma video del movimiento del deslizador una vez que lo soltaste.

7. Repite los pasos 5 y 6 con diferentes combinaciones de pesas. Registra aquí los valores.

caso 2: $M_2 =$ _____ , $m_2 =$ _____ .

caso 3: $M_3 =$ _____ , $m_3 =$ _____ .

Importante:

- Nunca muevas el deslizador sobre el riel cuando la bomba de aire este apagada.
- Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos.

Análisis de datos y resultados

Ahora analizarás el movimiento del deslizador. Recuerda elegir adecuadamente el origen del sistema de coordenadas

1. Para cada uno de los tres casos anteriores, genera una gráfica de la posición del deslizador con respecto al tiempo. Haz el ajuste correspondiente para encontrar la aceleración de la espiga.
- i) De acuerdo con las gráficas, escribe en la tabla 6.1 los valores de la aceleración del deslizador para cada uno de los 3 casos con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$a =$ _____	$a =$ _____	$a =$ _____

Tabla 6.1: Aceleración del deslizador en cada caso.

2. De acuerdo con las ecuaciones de movimiento, despejando la tensión en términos de la aceleración, calcula el valor experimental de la tensión en el hilo usando los resultados del punto anterior. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro. No olvides dibujar el diagrama de cuerpo libre correspondiente. Registra tus resultados para la magnitud de la tensión con unidades adecuadas y 3 decimales en la primera columna de la tabla 6.2.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

Tensión (magnitud)		
Experimental	Teórica	Relativa (comparativo)
$T_{1E} =$	$T_{1T} =$	
$T_{2E} =$	$T_{2T} =$	
$T_{3E} =$	$T_{3T} =$	

Tabla 6.2. Valores de la magnitud de la fuerza de tensión obtenidos experimental y teóricamente y su comparación.

3. A partir de las ecuaciones de movimiento que encontraste en el punto 2, despeja ahora la tensión en términos de las masas m y M el valor de la tensión de acuerdo con el modelo teórico del experimento. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro. Registra tus resultados para la magnitud de la Tensión con unidades adecuadas y 3 decimales en la segunda columna de la tabla 6.2.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

4. Calcula el porcentaje en que se parecen los valores teóricos y los experimentales dividiendo el valor más pequeño entre el más grande y multiplicando por 100 %. Registra tus resultados en la tercera columna de la tabla 6.2.

Preguntas:

1. ¿Queda el rango de incertidumbre de los valores experimentales dentro del rango de incertidumbre de los valores teóricos? ¿En ningún caso, alguno(s) o en todos? _____
¿A que crees que se deba?

2. Con respecto a las pesas en el deslizador y en el portapesas, ¿en cuál caso el porcentaje de similitud entre los valores experimentales y teóricos se acerca más al 100 %? _____
¿A qué crees que se deba?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Práctica 7. Fuerzas de fricción

Conceptos clave

Fricción – fricción estática – fricción cinética – coeficientes de fricción

Introducción

Las fuerzas de fricción son un tipo de fuerzas de reacción que se oponen al movimiento. Si a un objeto sobre una superficie se le aplica una fuerza y este no se mueve, es porque está actuando también una fuerza de fricción estática

$$f_s \leq \mu_s N, \quad (1)$$

donde μ_s es el coeficiente de fricción estática (que depende de los materiales que interactúan) y N es la magnitud de fuerza normal entre la superficie de contacto y el cuerpo.

El valor máximo de la fuerza de fricción estática, $f_s^{\max} = \mu_s N$, se alcanza justo cuando la fuerza que se aplica sobre el objeto es tal que apenas se comenzará a mover. Por otro lado, al ya estar deslizándose el objeto, la fuerza de fricción ahora se denomina fuerza de fricción cinética, y su magnitud cumple con,

$$f_k = \mu_k N, \quad (2)$$

donde μ_k es el coeficiente de fricción cinética.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos las fuerzas de fricción sobre bloques de madera con superficies de distintos materiales sobre un plano inclinado.

A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La naturaleza de la fuerza de fricción estática y cinética y su relación con la magnitud de la fuerza normal y los coeficientes de fricción estática y cinética.
- 2) El valor de los coeficientes de fricción estática y cinética para diferentes superficies en contacto.
- 3) El ángulo crítico de inclinación del plano que distingue el caso estático del caso cinético.



Parte I. Fricción estática

Procedimiento:

Equipo de trabajo
Riel con fricción
Bloques de madera con superficies de distintos materiales
Transportador
Nivel
Cámara de video

1. Elige, de entre los bloques de madera, tres superficies diferentes:

Superficie 1: _____ Superficie 2: _____

Superficie 3: _____

2. Alinea el transportador de manera que, al levantar uno de los extremos del riel, puedas medir el ángulo de
3. Coloca el bloque con la superficie 1 en contacto sobre el riel. Lentamente levanta uno de los extremos del riel hasta que el bloque comience a resbalar y registra el ángulo de inclinación correspondiente, α , en la primera columna de la tabla 7.1. Repite este procedimiento 5 veces.
4. Repite el paso 3 para las superficies 2 y 3. Registra los valores en la segunda y tercera columna de la tabla 7.1

Análisis de datos y resultados

	α para distintas superficies		
	Superficie 1	Superficie 2	Superficie 3
Medición 1			
Medición 2			
Medición 3			
Medición 4			
Medición 5			
Promedio			
Desviación estándar			
Coeficiente de fricción estática: μ_s			

Tabla 7.1. Ángulo crítico de deslizamiento y coeficiente de fricción estática para distintas superficies.

1. Con los 5 valores medidos para cada superficie, calcula el correspondiente promedio y desviación estándar. Registra los resultados en las últimas dos filas de la tabla 7.1.

i) ¿Los resultados de las mediciones presentan una variación grande o pequeña? _____
 ¿A qué crees que se deba esto? _____

2. De acuerdo con el modelo teórico del experimento, calcula el coeficiente de fricción estática entre la superficie del riel y los materiales 1, 2 y 3. Registra los valores en la fila extra, debajo, en la tabla 7.1. y los cálculos en el recuadro siguiente .

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

Parte II. Fricción cinética

Procedimiento

1. Para cada material, coloca el bloque de madera con la superficie correspondiente sobre el riel, inclinado en un ángulo $\beta \geq \alpha$. Toma video del movimiento del bloque mientras se desliza sobre el riel una vez que lo sueltas.

Análisis de datos y resultados

1. Mediante el análisis de video encuentra la aceleración del bloque en cada caso y registra tus resultados con las unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 7.2.

Superficie 1	Superficie 2	Superficie 3
$a =$	$a =$	$a =$

Tabla 7.2. Aceleraciones de los 3 bloques resbalando sobre el riel con fricción.

- i) ¿El movimiento del bloque se corresponde con el modelo cinemático esperado? _____
Explica.

- ii) Si tu respuesta a la pregunta anterior fue negativa, ¿qué es lo que podría estar detrás de la falla en el modelo?

2. A partir del modelo teórico del experimento y de los resultados del punto anterior, calcula el valor del coeficiente de fricción cinética. Registra los cálculos en el recuadro siguiente y los valores en la tabla 7.3.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

	Superficie 1	Superficie 2	Superficie 3
Coefficiente de fricción cinética: μ_k			

Tabla 7.3. Coeficientes de fricción cinética para los 3 bloques.

i) ¿Encontraste que el coeficiente de fricción estática es mayor que el de cinética en cada material?
 _____ Si no es así, ¿a qué crees que se deba?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones

Capítulo 5

Leyes de Conservación

Práctica 8. Trabajo y Energía Cinética

Conceptos clave

Trabajo – energía cinética – teorema del trabajo y la energía cinética. Introducción.

El concepto de trabajo que realiza una fuerza constante se define como la componente de la Fuerza paralela al desplazamiento por la magnitud del desplazamiento y se mide en Joules (J). Por ejemplo en la figura 8.1 se muestra al vector fuerza que tiene dos componentes, una paralela y otra ortogonal al desplazamiento. Dada la definición establecida, únicamente la componente paralela al desplazamiento realizaría trabajo:

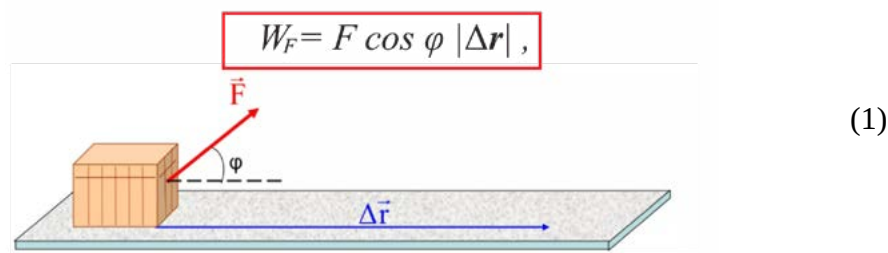


Figura 8.1. Trabajo realizado por una fuerza constante

Por otro lado, la energía cinética se cuantifica como,

$$K = \frac{1}{2} m v^2, \quad (2)$$

que depende de la masa, m , del objeto y su rapidez, v , esta cantidad también es medida en Joules. Es posible calcular el trabajo realizado por la fuerza neta (o trabajo total) sobre un objeto midiendo el cambio de energía cinética en el proceso,

$$W_{\Sigma F} = \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2. \quad (3)$$

A esta expresión se le conoce como teorema del trabajo y la energía cinética.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de un deslizador sujeto a una polea de la que cuelgan diferentes pesas. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre el trabajo que realiza la fuerza neta y el cambio en la energía cinética.
- 2) Las propiedades del trabajo que realizan las fuerzas involucradas.

HIPÓTESIS:

El trabajo total que realiza la fuerza neta sobre un objeto en translación es igual al cambio en su energía cinética.

**Procedimiento:**

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador
Espiga
Barra de madera
Transportador
Nivel
Hilo
Portapesas
Juego de pesas
Polea
Báscula
Cámara de video

1. Pesa en la báscula el portapesas y después el deslizador con su espiga. Escribe a continuación el resultado con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Masa del deslizador:**Masa del portapesas:**
 $m_d = \underline{\hspace{2cm}}$ $m_p = \underline{\hspace{2cm}}$

2. Monta el riel. Recórrelo para que uno de sus extremos quede un poco más allá del borde de la mesa. Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos.
3. Coloca la polea en el extremo del riel que da al borde de la mesa. Ata un extremo del hilo al deslizador y haz que el hilo pase alrededor de la polea de manera que al estirarlo forme una línea paralela al riel.
4. Ata el otro extremo del hilo al portapesas, que colgará por el otro lado de la polea con libertad de bajar a un nivel más bajo que la mesa.

5. Pon algún objeto (bloque de madera, cuadernos...) debajo de la pata del riel que da al borde de la mesa de manera que quede inclinado. Mide el ángulo de inclinación con ayuda del transportador. Registra a continuación:

$$\alpha_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Coloca algunas pesas, a tu elección, en el portapesas y/o en el deslizador (sostén el deslizador mientras sea necesario). Registra a continuación:

caso 1: a) la masa total en el deslizador: $M_1 = \underline{\hspace{2cm}}$,
b) la masa total en el portapesas: $m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$.

7. Sosteniendo el portapesas, bájalo hasta que el hilo quede estirado. Toma video del movimiento del deslizador al soltar el portapesas.
8. Repite los pasos 6, 7 y 8 con diferentes combinaciones de pesas. Registra aquí los valores.

caso 2: $\alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, $M_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, $m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

caso 3: $\alpha_3 = \underline{\hspace{2cm}}$, $M_3 = \underline{\hspace{2cm}}$, $m_3 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Importante:

- Nunca muevas el deslizador sobre el riel cuando la bomba de aire este apagada.
- Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos.

Análisis de Datos y Resultados

En esta práctica vas a encontrar el trabajo realizado por las distintas fuerzas que actúan sobre el deslizador cuando sube una distancia $|\Delta r| = \underline{\hspace{2cm}}$ sobre el riel partiendo del reposo. Dichas fuerzas son la normal, la gravedad y la tensión.

i) ¿Cuál es el trabajo que realiza la fuerza normal? $\underline{\hspace{2cm}}$
¿porqué?

1. Calcula el trabajo que realiza la fuerza de gravedad en cada caso. Realiza los calculos en el siguiente recuadro y escribe los resultados en la tabla 8.1 con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

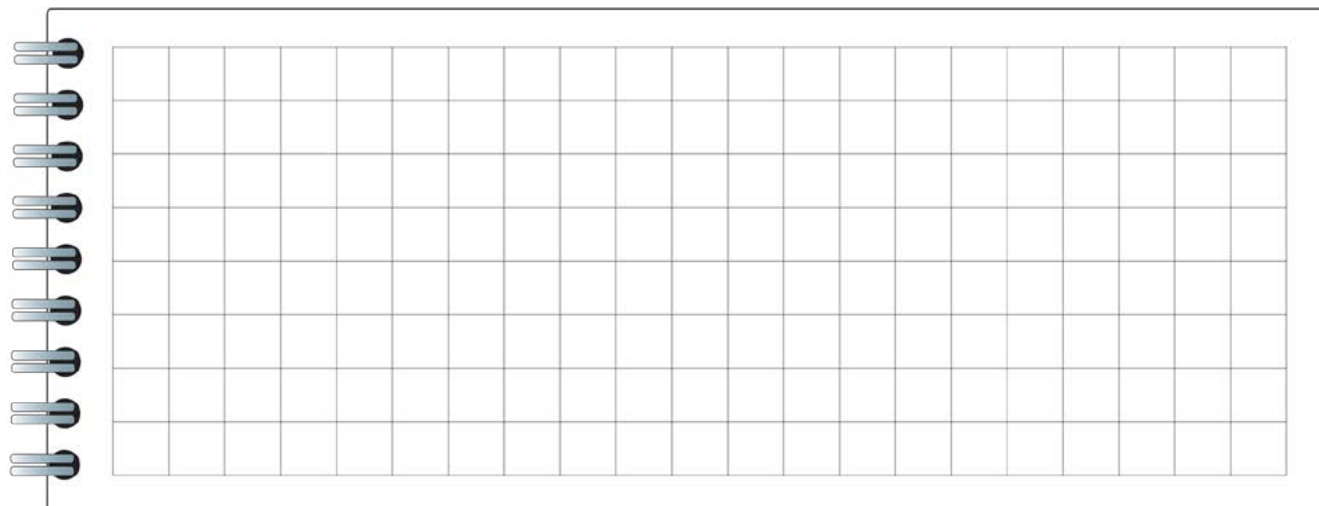
Caso 1	Caso 2	Caso 3
$W_g =$	$W_g =$	$W_g =$

Tabla 8.1. Trabajo realizado por la fuerza gravitacional.

i) ¿Cuál es la relación entre el ángulo α y el ángulo que forman los vectores de la fuerza de gravedad y del desplazamiento?

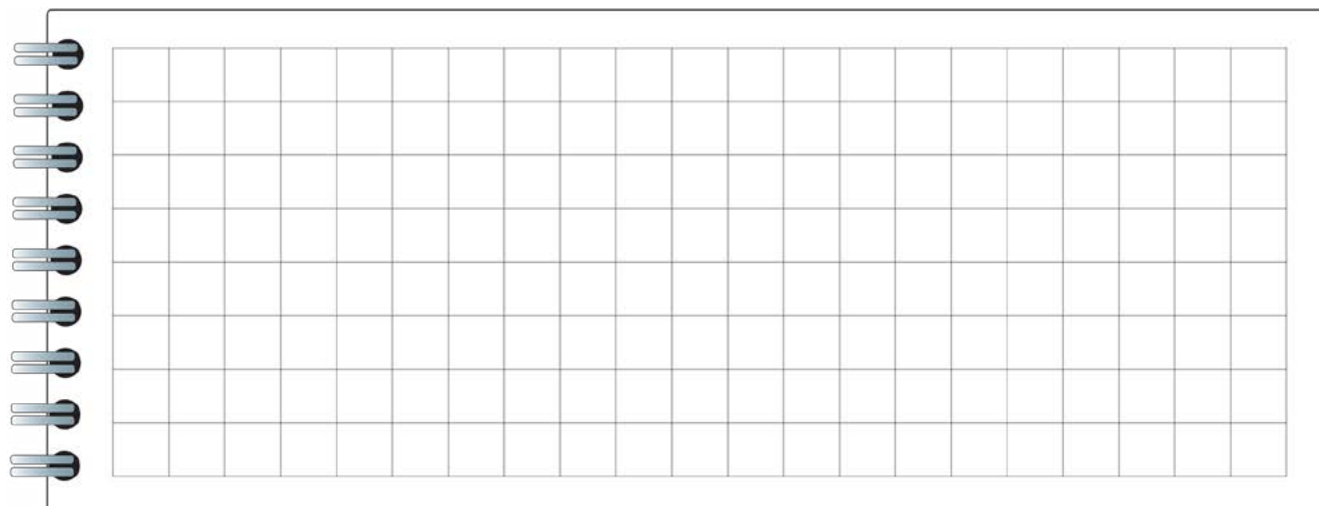
2. A partir del modelo teórico del experimento, calcula la tensión en el hilo en cada caso. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro y registra tus resultados para la magnitud de la tensión con unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 8.2.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



3. Calcula el trabajo que realiza la tensión en cada caso. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro y registra tus resultados con unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 8.3.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



4. Calcula ahora el trabajo que realiza la fuerza neta sobre el deslizador cuando sube por el riel. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro y registra tus resultados con unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 8.4.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$W_{\Sigma F} =$	$W_{\Sigma F} =$	$W_{\Sigma F} =$

Tabla 8.4. Trabajo realizado por la fuerza neta.

Ahora vas a calcular el cambio en la energía cinética del deslizador, desde que parte del reposo hasta que llega a la distancia s . Encontrarás las velocidades a partir de la relación: $v^2 - v_0^2 = 2a|\Delta r|$, lo que implica conocer la aceleración.+}

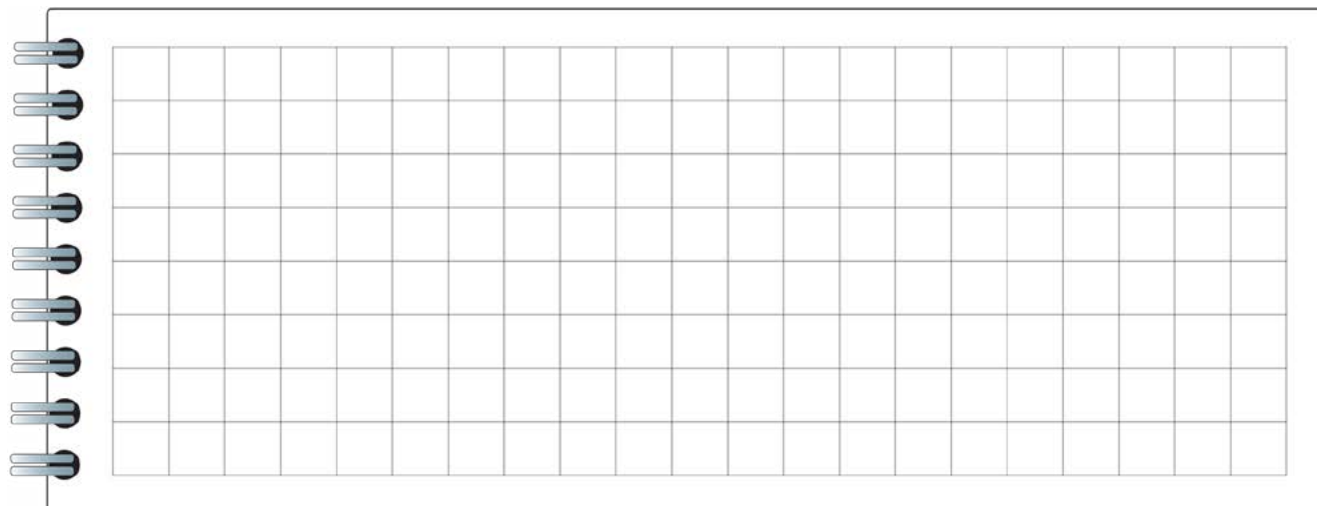
5. En cada caso, genera una gráfica de la posición de la espiga con respecto al tiempo. Haz el ajuste correspondiente para encontrar la aceleración de la espiga. Registra tus resultados en la tabla 8.5.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$a =$	$a =$	$a =$

Tabla 8.5. Aceleración del deslizador sobre el riel.

6. Encuentra el valor del cambio en la energía cinética, _____, del deslizador en cada caso. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro y registra tus resultados con unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 8.6.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



Caso 1	Caso 2	Caso 3
$\Delta K =$	$\Delta K =$	$\Delta K =$

Tabla 8.6. Cambio en la energía cinética del carrito sobre el riel.

i) ¿Qué tanto se parecen los valores del trabajo total y del cambio en la energía cinética? Explica.

Observaciones y Discusiones:

Conclusiones:

Práctica 9. Energía Potencial Gravitacional

Conceptos clave

Energía cinética – energía potencial – conservación de la energía – energía Potencial gravitacional

Introducción

En la práctica anterior estudiamos el concepto de energía cinética, un tipo de energía que depende del movimiento de los objetos. También es posible, en algunos casos, asociar una energía a su posición.

Existen algunas fuerzas, como la gravitacional, que cuando se calcula su trabajo sobre algún objeto, éste solo depende de las posiciones inicial, 1, y final, 2, de su trayectoria, no de la trayectoria en sí. Es decir, la posición del objeto es la que es importante, no cómo llegó ahí.

En situaciones así, se puede asignar a la posición una energía, una energía potencial U , pues es desde su posición que se puede hacer trabajo. Se tiene que

$$W_{F_g} = -\Delta U = U_1 - U_2 = mgh_1 - mgh_2. \quad (1)$$

ya que al hacer la fuerza un trabajo W , el objeto pierde su posición favorable. Si el trabajo total lo hacen fuerzas de este tipo, llamadas fuerzas conservativas, y si juntamos la ecuación (1) con el teorema del trabajo y la energía cinética, K , llegaremos a la expresión

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2, \quad (2)$$

que implica que en este tipo de sistemas, la energía mecánica total $E=K+U$, permanece constante.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos la energía cinética y potencial de una pelota lanzada con distintos ángulos respecto a la horizontal. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre los valores de la energía cinética y potencial (y su suma) a medida que un objeto se mueve como proyectil.

HIPÓTESIS:

La suma de la energías cinética y potencial gravitacional de un objeto que se dispara con una cierta velocidad inicial es constante, es decir, la energía mecánica total se conserva.

**Procedimiento:**

Equipo de trabajo
Lanzador de proyectiles
Pelota
Camara de video
Regla de madera
Báscula

1. Pesa en la báscula la pelota. Escribe a continuación el resultado con las unidades adecuadas y 3 decimales.

Masa de la pelota $m =$ _____

2. Con el lanzador de proyectiles en tres situaciones distintas, 1: vertical, 2: horizontal y 3: con un ángulo, $\theta =$ _____ con respecto a la, lanza la pelota.

Toma video de su trayectoria, al menos hasta que regrese a la altura del lanzador en los casos 1 y 3, y hasta que toque el suelo/la mesa en el caso 2.

Importante:

- Cuida que en los videos aparezca una regla de madera que te permita fijar la escala en el análisis de video.

Análisis de Datos y Resultados:

Ahora analizarás el movimiento de la pelota. Te sugerimos que sitúes el origen del sistema de coordenadas en la boca del lanzador, además de que alinees los ejes tal que el horizontal coincida con el eje x y el vertical, con el y .

1. Para cada uno de los casos, a partir de las gráficas de posición y de los ajustes correspondientes,

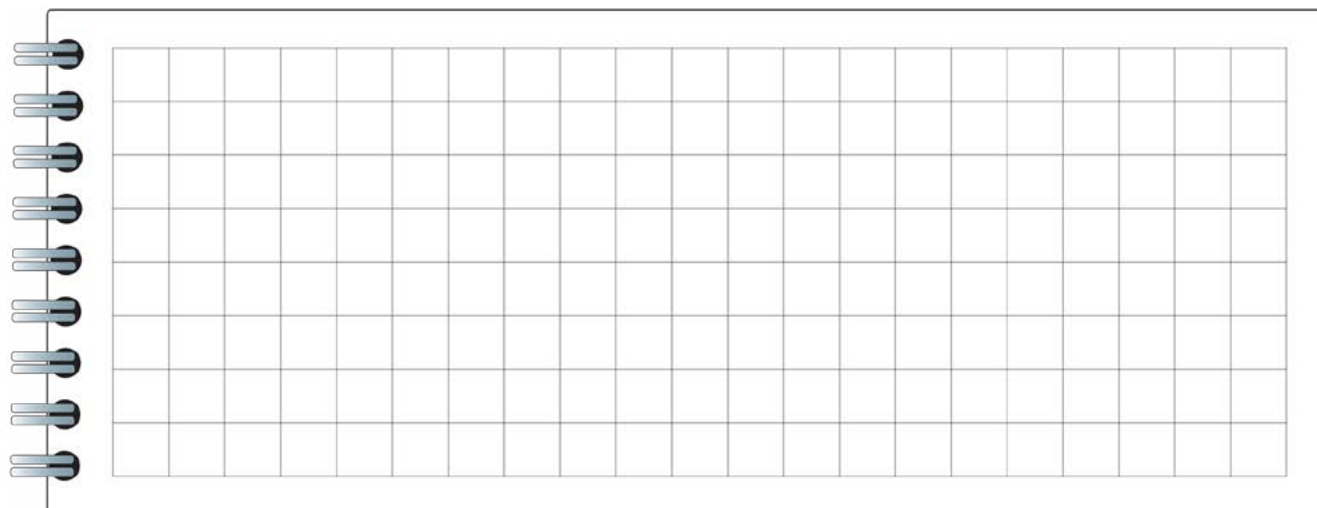
encuentra los parámetros que describen el movimiento. Escribe tus resultados con las unidades adecuadas y 3 decimales en la tabla 9.1.

Vertical	Horizontal	Angulo $\theta =$ _____
$v_{0,x} =$	$v_{0,x} =$	$v_{0,x} =$
$v_{0,y} =$	$v_{0,y} =$	$v_{0,y} =$
$g =$	$g =$	$g =$

Tabla 9.1: Parámetros físicos para cada uno de los 3 casos a partir de las gráficas para posición contra tiempo.

2. A partir del modelo correspondiente para cada componente de la velocidad, v_x y v_y , con los parámetros respectivos y como funciones del tiempo, genera una columna calculada para la energía cinética, ,

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



3. Con los valores correspondientes de m y g genera una columna calculada para la energía potencial, $U=mg y$.
4. Genera una columna calculada para la energía mecánica total, $E=K+U$.
5. Inserta una nueva gráfica y haz que se visualicen en ella E , K y U como funciones del tiempo para el movimiento vertical. Realiza un bosquejo en el cuadro (a) de la figura 9.1. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala.

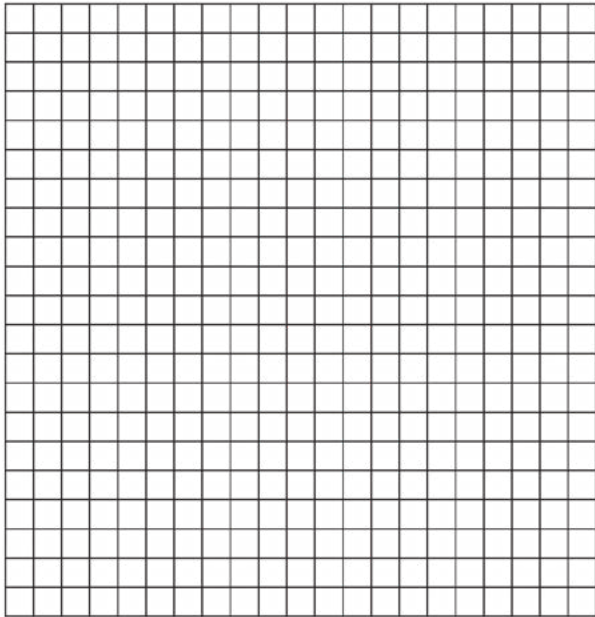


Figura 9.1 a)

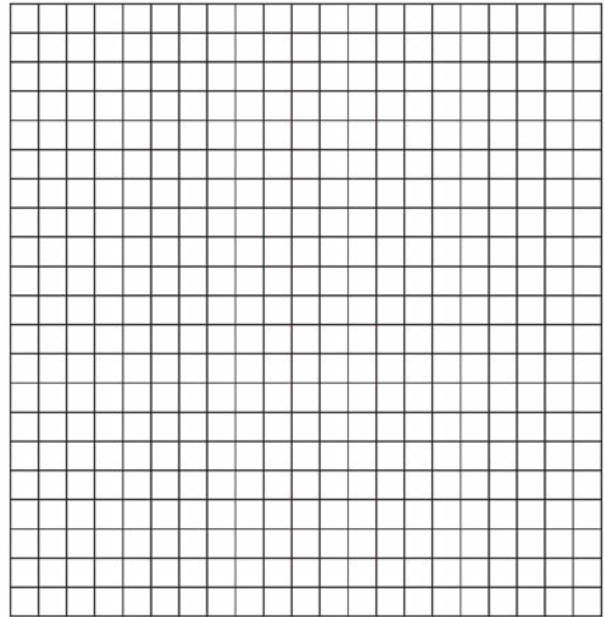


Figura 9.1 b)

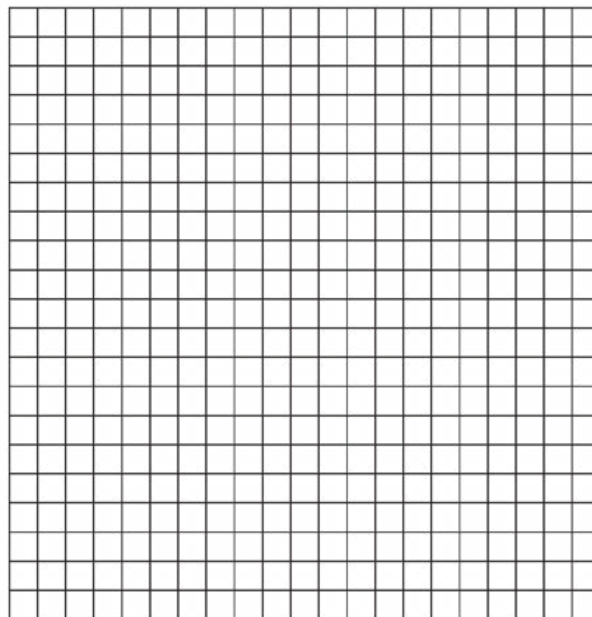


Figura 9.1 c)

6. Repite y bosqueja para los casos vertical y con ángulo en los cuadros b) y c), respectivamente
i) ¿Cuál es el comportamiento de la energía mecánica total?

- ii) Si pudieras aproximar la energía mecánica total a un valor constante, ¿cuál sería en cada situación? Registra los valores en la tabla 9.2.

Vertical	Horizontal	Ángulo $\theta =$ _____
$E =$	$E =$	$E =$

Tabla 9.2: Energía mecánica total para el movimiento de la pelota.

Observaciones y Discusiones:

Conclusiones:

Práctica 10. Energía Potencial Elástica

Conceptos clave

Ley de hooke – energía potencial elástica

Introducción

Robert Hooke estudió las propiedades de materiales elásticos como por ejemplo un resorte. Observo que si se aplicaba una fuerza a un resorte ya sea estirándolo o comprimiéndolo una cantidad determinada x , este recobraría su longitud original. Esto permitió definir un tipo de interacción conocido como fuerza elástica,

$$F = -k x, \quad (1)$$

donde k es un coeficiente con unidades N/m , conocido como constante de fuerza elástica, cuyo valor depende del calibre del material elástico que se este deformando.

La fuerza elástica es una fuerza conservativa, por lo que se le puede asociar una energía potencial: la energía potencial elástica,

$$U_e = \frac{1}{2} k x^2. \quad (2)$$

Si sobre un objeto actúan tanto la fuerza de gravedad como la elástica, su energía mecánica total es

$$E = K + U_g + U_e \quad (3)$$

donde K es su energía cinética y U_g su energía potencial gravitacional.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos la energía cinética y potencial de un objeto que oscila sujeto a un resorte. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre los valores de la energía cinética, energía potencial gravitacional y energía potencial elástica (y su suma) a medida que un objeto oscila sujeto a un resorte.



Procedimiento:

Equipo de trabajo
Soporte
Resortes
Juego de pesas
Cámara de video
Regla de madera
Báscula

1. Siguiendo las instrucciones de tu profesor, coloca un resorte adecuado en la varilla del soporte.
2. Elige una pesa, de acuerdo al resorte, y mide su masa con ayuda de la báscula,

$$m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Empieza a grabar el resorte. Esto te servirá para que puedas ubicar el origen del sistema de coordenadas de acuerdo con el punto A de las indicaciones anteriores. Mientras sigues grabando, coloca la pesa en el extremo del resorte y suéltala desde una posición a tu elección. Sigue grabando mientras la pesa hace alrededor de tres oscilaciones.
3. Repite el experimento (3 videos) con distintas combinaciones de pesas y resortes. Registra los valores de las masas.

$$m_2 = \underline{\hspace{2cm}}, \quad m_3 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Análisis de Datos y Resultados

Ahora vas a analizar el movimiento de la pesa mientras oscila colgando del resorte.

1. Haz el análisis del movimiento, con el origen del sistema de coordenadas de acuerdo con el punto A y con el ajuste según el punto B de las indicaciones. Registra los parámetros del movimiento en la

primera columna de la tabla 10.1. Considera $g=9.81 \text{ m/s}^2$.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$A =$	$A =$	$A =$
$\omega =$	$\omega =$	$\omega =$
$\phi =$	$\phi =$	$\phi =$
$k =$	$k =$	$k =$

- Con los valores correspondientes de m y k , genera una columna calculada para la energía potencial gravitacional, $U_g = mgy$, y otra para la energía potencial elástica $U_e = \frac{1}{2}ky^2$.
 - Genera una columna calculada para la energía mecánica total, $E = K + U_g + U_e$.
 - Inserta una nueva gráfica y haz que se visualicen en ella, E , K , U_g y U_e en función del tiempo. Realiza un bosquejo en el cuadro (a) de la figura 10.1. Cuida el etiquetado de los ejes y su escala.
 - Repite los pasos anteriores y completa los espacios correspondientes de la tabla 10.1
- i) ¿Cómo es el comportamiento de las energías?

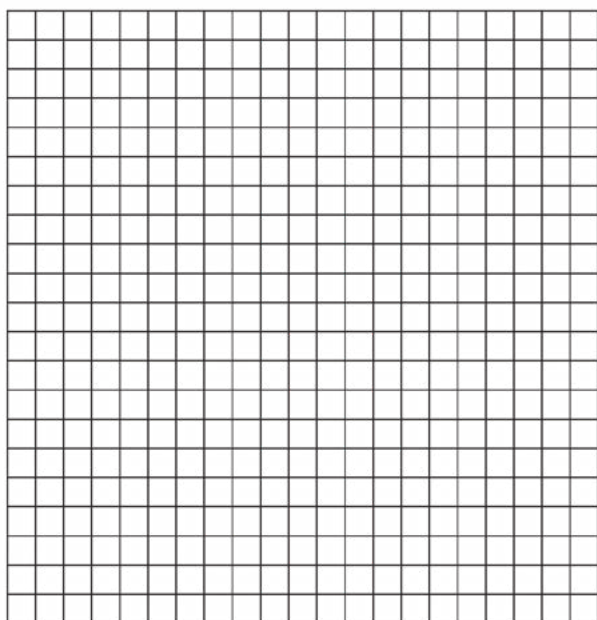


Figura 10.1 a)

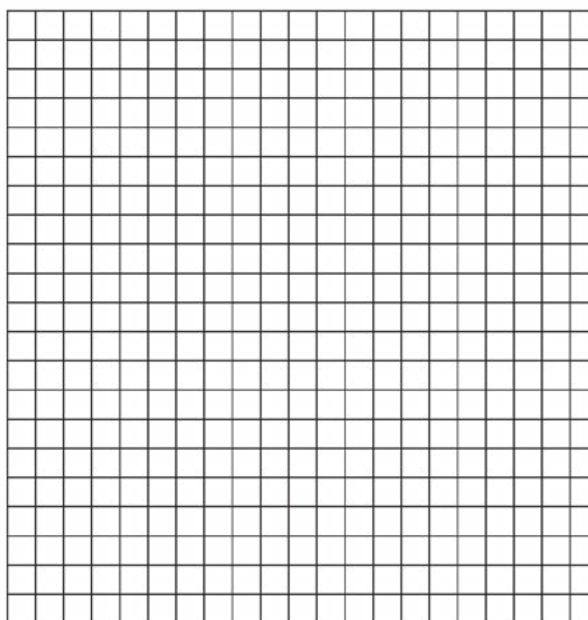


Figura 10.1 b)

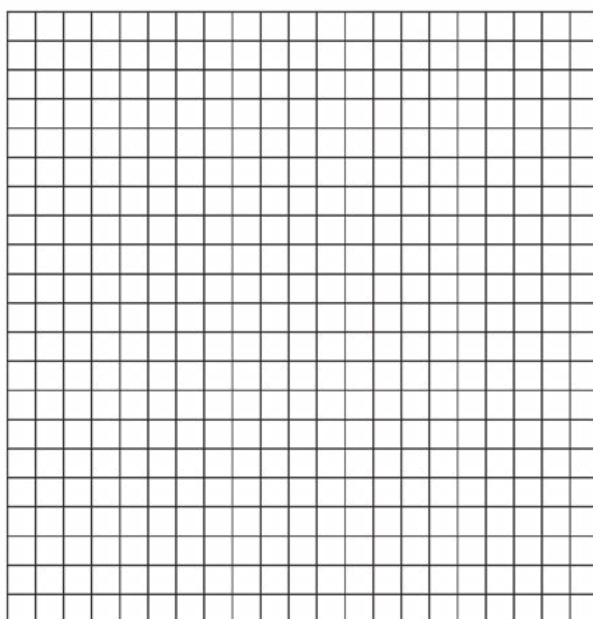


Figura 10.1 c)

- ii) Si pudieras aproximar la energía mecánica total a un valor constante, ¿cuál sería en cada caso? Registra los valores en la tabla 10.2.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$E =$	$E =$	$E =$

Tabla 10.2: Energía mecánica total para el movimiento de la pelota.

Observaciones y Discusiones:

Conclusiones:

Práctica 11. Momento lineal y choques inelásticos

Conceptos clave

Momento lineal – conservación del momento lineal – choques inelásticos – choques totalmente inelásticos

Introducción

El momento lineal es un vector que se calcula multiplicando la masa de un cuerpo, m , por su velocidad, $\mathbf{v}$,

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

Cuando la suma de fuerzas externas en un sistema resulte cero, el momento lineal total, que se define como la suma vectorial de los momentos lineales de cada elemento del sistema, permanece constante,

$$\Delta \mathbf{P} = 0, \quad \mathbf{P} = \mathbf{p}_A + \mathbf{p}_B + \dots, \quad (2)$$

donde $\mathbf{P}$ es el momento lineal total y $A, B, \dots$, son elementos del sistema.

Esto sucede incluso en colisiones, por ejemplo, en un choque entre dos automóviles. Ya que en el impacto los automóviles se pueden deformar, además de la posible liberación de energía en sonido, calor, etc., la energía no se conserva, pero sí el momento lineal. Un choque en el que sucede esto último se conoce como choque inelástico. El caso más extremo de un choque así, es cuando los objetos quedan unidos luego de la colisión. Un choque así se llama totalmente inelástico y se tiene que, para los objetos A y B,

$$m_A \mathbf{v}_{A,1} + m_B \mathbf{v}_{B,1} = (m_A + m_B) \mathbf{v}_2 \quad (3)$$

donde el subíndice 1 indica cantidades antes de chocar y 2, después de chocar.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el momento lineal total de un par de deslizadores que quedan unidos por un velcro después de chocar (de manera perfectamente inelástica). A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre los momentos lineales totales antes y después de la colisión.

**Procedimiento:**

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador (2)
Espiga (2)
Velcro
Báscula
Cámara de video

1. Pesa en la báscula cada deslizador con la espiga y el velcro. Registra los datos con 3 decimales a continuación,

$$m_A = \underline{\hspace{2cm}} \quad m_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Monta el riel horizontalmente. Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos. Alinéalo con ayuda de uno de los deslizadores.
3. Coloca ambos deslizadores sobre el riel cuidando que las partes con velcro queden enfrentadas.
4. Ahora tomaras mediciones de choques en los que los deslizadores quedan pegados después de chocar (choque perfectamente inelástico). Serán tres casos.
 - a): El deslizador A choca con el deslizador B en reposo;
 - b): Los deslizadores A y B se mueven en la misma dirección, pero A alcanza y choca a B ;
 - c): Los deslizadores A y B se mueven en direcciones contrarias y chocan.
5. Toma video en cada uno de los casos mencionados, de manera que se aprecie el movimiento antes y después de chocar.

Importante:

- Recuerda generar una serie de puntos distinta para cada deslizador y distinta antes y después de chocar, de lo contrario no podrás hacer el ajuste de las curvas

- Procura que, en la medida de lo posible, el movimiento de los deslizadores durante el choque se mantenga en el eje del riel, es decir, que no se muevan hacia los lados o den un pequeño ‘salto’.

Análisis de Datos y Resultados

Ahora vas a analizar el movimiento de los deslizadores antes y después del choque.

1. Haz en análisis del movimiento a partir de cada video.
2. Ajusta las gráficas de cada una de las series de datos para obtener las velocidades de cada deslizador, A y B, antes, 1, y después de chocar, 2. Registra los datos en la tabla 11.1 con las unidades adecuadas y 3 decimales.

	Caso a)	Caso b)	Caso c)
$v_{A,1}$			
$v_{B,1}$			
$v_{A,2}$			
$v_{B,2}$			

Tabla 11.1. Velocidades antes y después del choque para cada uno de los 3 casos a partir de las gráficas para posición contra tiempo.

3. Calcula la cantidad de movimiento total del sistema antes y después del choque. Registra los valores con 3 decimales en las filas correspondientes de la tabla 11.2.
4. Calcula el porcentaje del momento después de chocar respecto al momento antes. Hazlo a partir del cociente del final entre el inicial. Registra los cálculos en el siguiente recuadro y tus resultados en la fila correspondiente de la tabla 11.2.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

	Caso a)	Caso b)	Caso c)
P_1			
P_2			
%			

Tabla 11.2. Momento lineal total antes y después del choque.

i) ¿Queda el rango de incertidumbre de los valores del momento final dentro del rango de incertidumbre de los valores iniciales? ¿En ningún caso, alguno(s) o en todos?

ii) ¿En cuál caso el porcentaje del momento final se acerca más (menos) al 100% del inicial?

Observaciones y Discusiones:

Conclusiones:

Práctica 12. Choques elásticos

Conceptos clave

Choques elásticos – energía cinética en los choques elásticos introducción.

Introducción

Cuando dos o más cuerpos chocan, pero no se deforman sustancialmente después del impacto y además estos se mueven de manera independiente, se le conoce como un choque elástico.

En esta situación, la energía cinética del sistema es la misma antes y después del impacto. Esto es, para dos objetos A y B , con masas m y velocidades v ,

$$\frac{1}{2}m_A v_{A,1}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{B,1}^2 = \frac{1}{2}m_A v_{A,2}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{B,2}^2, \quad (1)$$

donde el subíndice 1 indica cantidades antes de chocar y 2, después de chocar. .

Además, como es sabido de la práctica pasada el momento lineal total del sistema se mantiene constante,

$$m_A v_{A,1} + m_B v_{B,1} = m_A v_{A,2} + m_B v_{B,2}. \quad (2)$$

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el momento lineal total de un par de deslizadores que chocan y después rebotan debido a la presencia de protectores de ligas (choque elástico). A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

HIPÓTESIS:

En ausencia de una fuerza neta externa, el momento lineal total de un sistema, formado en particular por dos objetos, es el mismo antes y después de un choque elástico.

Además, en un choque de este tipo, se conserva la energía mecánica del sistema.



- 1) La relación entre los momentos lineales totales antes y después de la colisión.

2) La relación entre la energía mecánica del sistema antes y después de la colisión.

Procedimiento:

Equipo de trabajo
Riel de aire
Deslizador (2)
Espiga (2)
Protectores de liga (2)
Báscula
Cámara de video

1. Pesa en la báscula cada deslizador con la espiga y el velcro. Registra los datos con 3 decimales a continuación,

$$m_A = \underline{\hspace{2cm}} \quad m_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Monta el riel horizontalmente. Asegúrate de que estén puestos los protectores de liga en los extremos. Alinéalo con ayuda de uno de los deslizadores.
3. Ahora tomaras mediciones de choques en los que los deslizadores rebotan debido a los protectores de liga (choque elástico). Serán tres casos.
 - a): El deslizador A choca con el deslizador B en reposo;
 - b): Los deslizadores A y B se mueven en la misma dirección, pero A alcanza y choca a B;
 - c): Los deslizadores A y B se mueven en direcciones contrarias y chocan.
4. Toma video en cada uno de los casos mencionados, de manera que se aprecie el movimiento antes y después de chocar.

Importante:

- Coloca ambos deslizadores sobre el riel cuidando que las partes con protectores de liga queden enfrentadas.
- Recuerda generar una serie de datos distinta para cada deslizador y distinta antes y después de chocar, de lo contrario no podrás hacer el ajuste de las curvas.
- Procura que, en la medida de lo posible, el movimiento de los deslizadores durante el choque se mantenga en el eje del riel, es decir, que no se muevan hacia los lados o den un pequeño ‘salto’.

Análisis de Datos y Resultados

Ahora vas a analizar el movimiento de los deslizadores antes y después del choque.

1. Haz en análisis del movimiento a partir de cada video.
2. Ajusta las gráficas de cada una de las series de datos para obtener las velocidades de cada deslizador, A y B, antes, 1, y después de chocar, 2. Registra los datos en la tabla 12.1 con las unidades adecuadas y 3 decimales.

	Caso a)	Caso b)	Caso c)
$V_{A,1}$			
$V_{B,1}$			
$V_{A,2}$			
$V_{B,2}$			

Tabla 12.1. Velocidades antes y después del choque para cada uno de los 3 casos a partir de las gráficas para posición contra tiempo.

3. Calcula la cantidad de movimiento total del sistema antes y después del choque. Registra los valores con 3 decimales en las filas correspondientes de la tabla 12.2.
4. Calcula el porcentaje del momento después de chocar respecto al momento antes. Hazlo a partir del cociente del final entre el inicial. Registra los cálculos en el siguiente recuadro y tus resultados en la fila correspondiente de la tabla 12.2.
5. Calcula la energía cinética total del sistema antes y después del choque. Registra los cálculos en el siguiente recuadro y tus resultados en las filas correspondientes de la tabla 12.2

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

	Caso a)	Caso b)	Caso c)
P_1			
P_2			
$\%P$			
K_1			
K_2			
$\%K$			

Tabla 12.2. Momento lineal total y energía cinética total antes y después del choque.

6. Calcula el porcentaje de la energía cinética después de chocar respecto a la energía cinética antes. Hazlo a partir del cociente de la final entre la inicial. Registra los cálculos en el siguiente recuadro y los resultados en la fila correspondiente de la tabla 12.2.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

- i) ¿Queda el rango de incertidumbre de los valores del momento final dentro del rango de incertidumbre de los valores iniciales? ¿En ningún caso, alguno(s) o en todos?

¿A qué crees que se deba?

- ii) ¿En cuál caso el porcentaje del momento final se acerca más (menos) al 100% del inicial?

¿A qué crees que se deba?

iii) ¿Queda el rango de incertidumbre de los valores de la energía cinética final dentro del rango de incertidumbre de los valores iniciales? ¿En ningún caso, alguno(s) o en todos?

¿A qué crees que se deba?

iv) ¿En cuál caso el porcentaje de la energía cinética se acerca más (menos) al 100% del inicial?

¿A qué crees que se deba?

Observaciones y Discusiones:

Conclusiones:

Capítulo 6

Rotación de cuerpos rígidos

Práctica 13. Momento de Inercia

Conceptos clave

Momento de inercia – momento de torsión – segunda ley de Newton rotacional

Introducción

Cuando estudiamos la rotación de un cuerpo rígido alrededor de un eje, ya no es posible tratar a dicho cuerpo como partícula, como hacíamos antes. En este escenario, las cantidades físicas tratadas previamente, como masa, desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza, tendrán su análogo rotacional. En particular la segunda ley de Newton se escribe de forma, siendo:

$$\Sigma \tau = I \alpha, \quad (1)$$

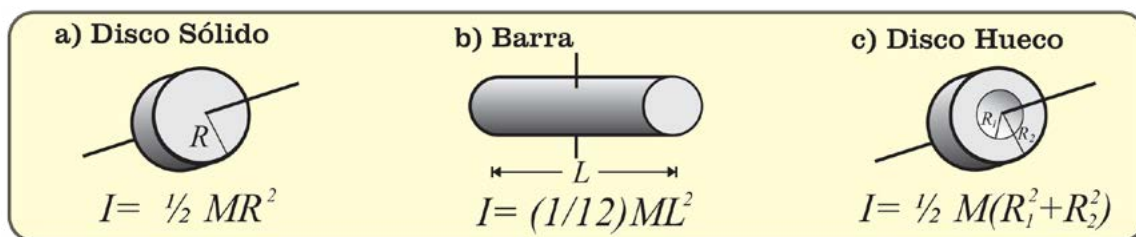
I : Momento de inercia o inercia rotacional: es el análogo rotacional de la masa y representa la oposición de un cuerpo a rotar en algún eje dado. Tiene unidades Kg m^2 .

α : aceleración angular: Está relacionada con a , la componente de la aceleración en dirección tangente a una trayectoria circular de radio R mediante $a = R \alpha$ y tiene unidades rad/s^2 .

$\Sigma \tau$: Torca neta o momento de torsión neto: es el análogo rotacional de la fuerza neta pues es la causa de la aceleración angular del cuerpo rígido. Cada uno de los momentos de torsión τ se generan por una fuerza F cuya línea de acción pasa a una distancia perpendicular al eje de giro l , conocida como brazo de palanca. Se tiene

$$\tau = F l. \quad (2)$$

Algunos momentos de inercia relevantes a esta práctica son los siguientes:



Objetivos:

En esta práctica analizaremos el movimiento de rotación de objetos de distintas formas y dimensiones. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

1) La relación entre la torca la aceleración angular y el momento de inercia.

2) La relación entre el momento de inercia de un cuerpo rígido y su forma y dimensiones.



Procedimiento:

Equipo de trabajo
Plataforma giratoria
Disco
Brazo con polea
Hilo
Portapesas
Regla de madera
Juego de pesas
Polea
Báscula
Cámara de video

1. Ubica la polea horizontal que está montada sobre el eje de la plataforma giratoria. Sobre ella vas a enrollar un extremo del hilo. Mide el radio de la polea.

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

2. Monta el brazo con polea (vertical) de tal forma que enrollando el hilo sobre la polea horizontal, y luego pasando sobre la polea vertical, el hilo sea tangente a ambas poleas.
3. Pesa en la báscula el disco, el cilindro y el portapesas. Registra los valores a continuación con 3 decimales.

$$m_D = \underline{\hspace{2cm}} \quad m_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

4. Mide el radio del disco, así como el radios interno (R_{CI}) y el radio externo (R_{CE}) del cilindro. Registra los valores a continuación.

$$R_D = \underline{\hspace{2cm}} \quad R_{CI} = \underline{\hspace{2cm}} \quad R_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Monta el disco horizontalmente sobre la plataforma giratoria.
6. Coloca el portapesas en el otro extremo del hilo, agregando poco a poco pesas sobre él. Registra a continuación el valor total de la masa que hace que el disco apenas comience a girar.

$$m_{fl} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Importante:

- Ten en cuenta que esta masa es aproximadamente proporcional a la fuerza de fricción sobre el eje de la polea, que no podemos despreciar.
7. Agrega, a tu elección, más masa al portapesas y registra a continuación el valor de masa que excede a la masa m_{fl} . Llamaremos a esta masa m_1 .

$$m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

8. Toma video del movimiento del peso al caer del otro lado de la polea.

Análisis de datos y Resultados

Ahora vas a analizar el movimiento de rotación de los cuerpos rígidos indirectamente, a través del movimiento de translación del peso y el portapesas.

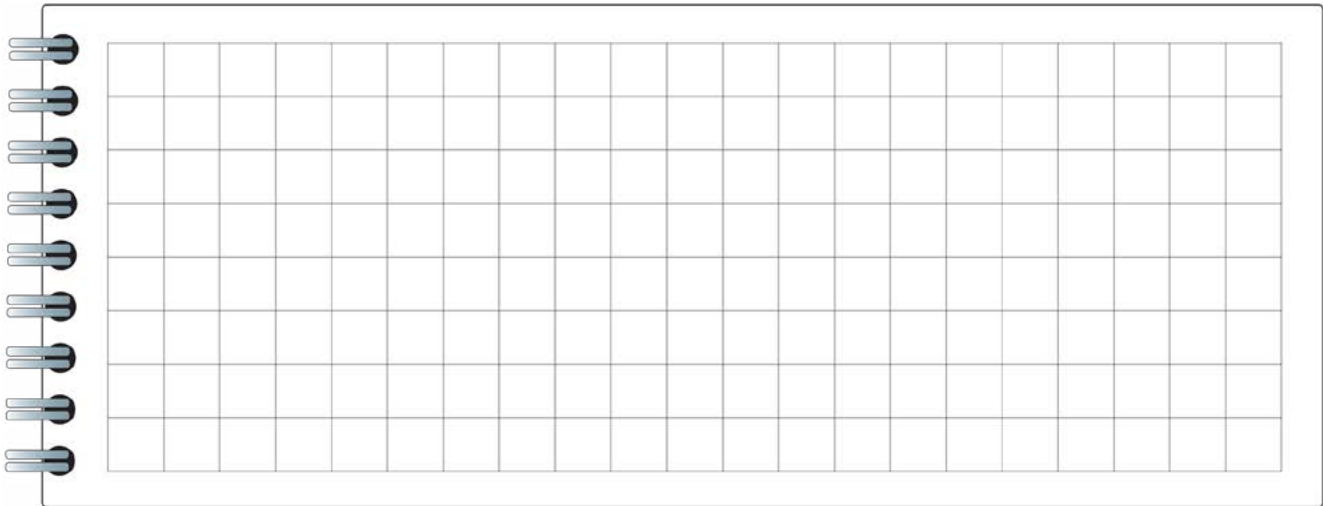
1. Realiza el ajuste adecuado sobre la gráfica de posición contra tiempo del portapesas con peso obtenida del video. Registra la aceleración con 3 decimales en el espacio correspondiente de la tabla 13.1.

$$a_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- i)¿Cómo se relaciona la aceleración del portapesas con peso, a , con la aceleración angular de los cuerpos rígidos α ?

2. De acuerdo con el modelo teórico del experimento, calcula el valor de la tensión en el hilo, T. Realiza los cálculos en el recuadro siguiente y escribe el valor obtenido a continuación con las unidades adecuadas y 3 decimales en el espacio correspondiente de la tabla 13.1.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



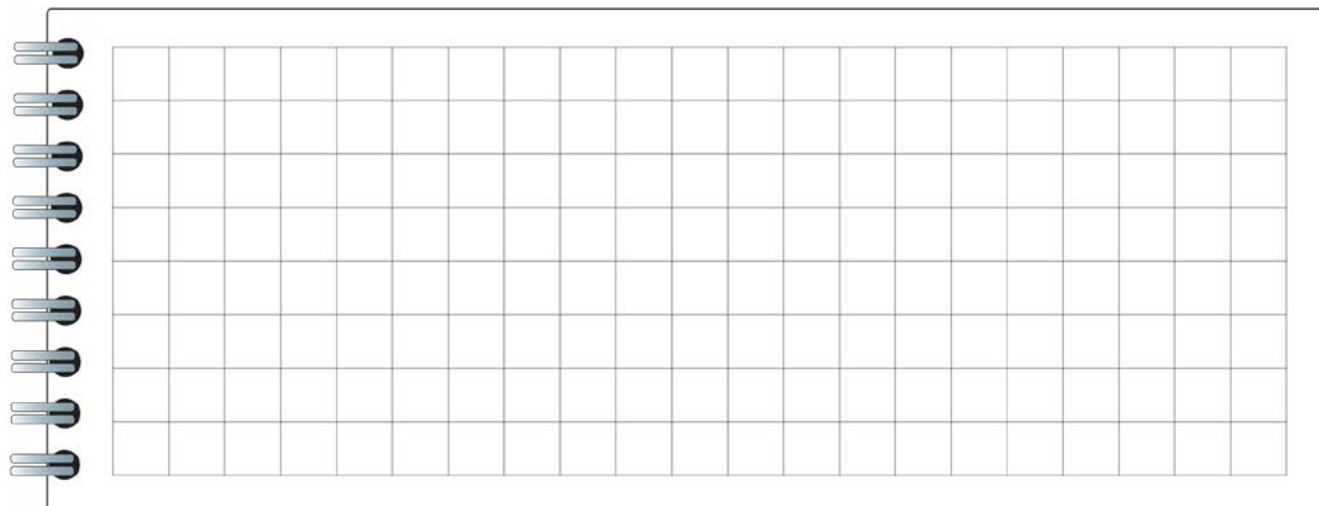
i) De todas las fuerzas que actúan en el sistema, ¿cuál o cuáles generan un momento de torsión distinto de cero sobre el disco?

ii) ¿Cuál es el valor del brazo de palanca de la o las fuerzas que generan momento de torsión?

3. De acuerdo con tus respuestas de las preguntas previas, y de la segunda ley de Newton rotacional, calcula el momento de inercia del disco cuando gira horizontalmente. Realiza

valor experimental: $I_{el} =$ _____

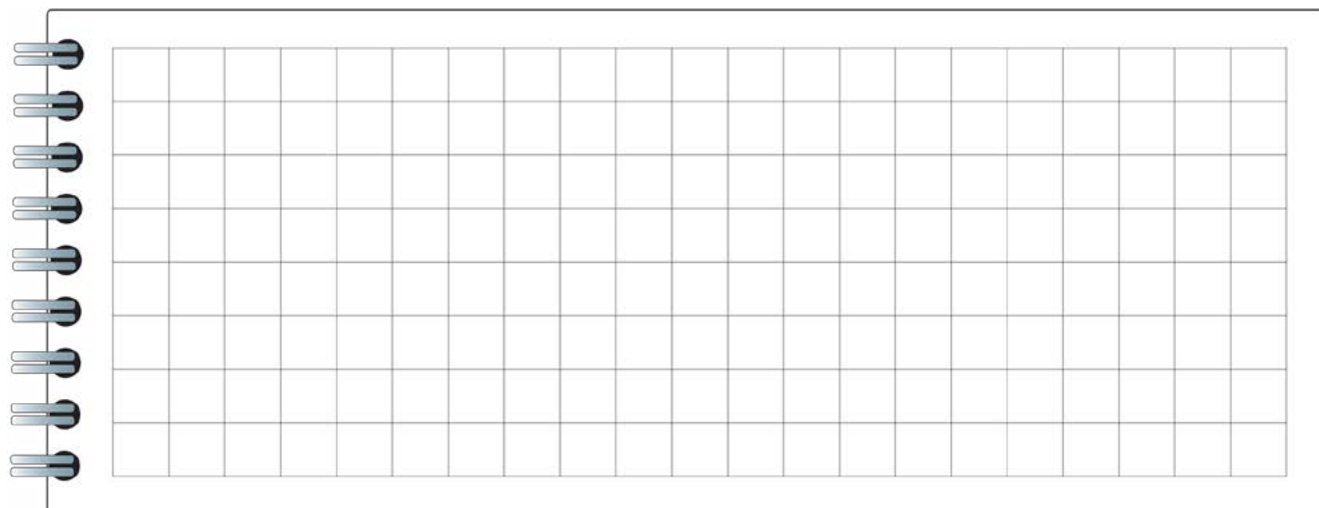
Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



4. A partir de las mediciones de masas y radios del disco, y del modelo teórico del cuerpo rígido, encuentra el valor del momento de inercia del disco cuando gira horizontalmente.

valor teórico: $I_{II} =$ _____

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



5. Monta ahora el disco verticalmente en la plataforma giratoria de tal manera que gire teniendo su diámetro como eje y repite el experimento. Registra los valores medidos y calculados a continuación con las unidades adecuadas. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

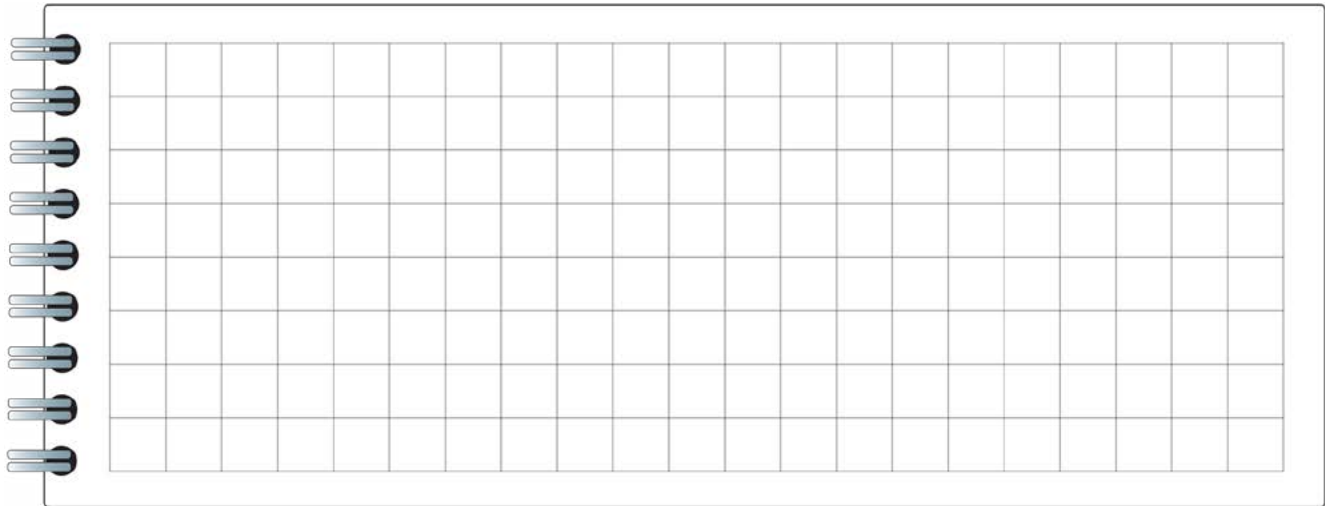
$$\begin{array}{ll}
 m_{f2} = \underline{\hspace{2cm}} & m_2 = \underline{\hspace{2cm}} \\
 a_2 = \underline{\hspace{2cm}} & T_2 = \underline{\hspace{2cm}} \\
 I_{e2} = \underline{\hspace{2cm}} & I_{t2} = \underline{\hspace{2cm}}
 \end{array}$$

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

6. Repite los pasos del 1 al 4 para el disco que gira verticalmente y para la combinación disco + cilindro. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro. Registra los valores medidos y calculados a continuación con las unidades adecuadas. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro.

$$\begin{array}{ll}
 m_{f3} = \underline{\hspace{2cm}} & m_3 = \underline{\hspace{2cm}} \\
 a_3 = \underline{\hspace{2cm}} & T_3 = \underline{\hspace{2cm}} \\
 I_{e3} = \underline{\hspace{2cm}} & I_{t3} = \underline{\hspace{2cm}}
 \end{array}$$

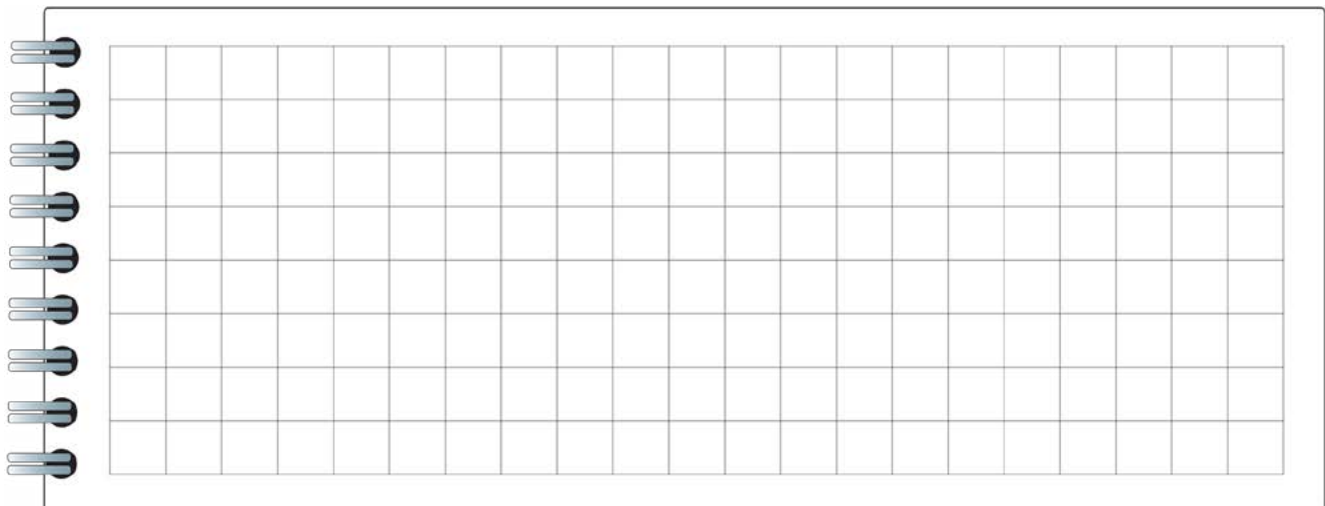
Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



i) ¿Cómo se relacionan el momento de inercia de la combinación disco + cilindro, I_{13} con el momento de inercia del disco solo cuando gira horizontalmente I_{11} ?

7. Calcula, con base en tu respuesta anterior, el momento de inercia del cilindro. Encuentra también su valor en base al modelo teórico del cuerpo rígido. Registra los valores calculados a continuación con las unidades adecuadas. Realiza los cálculos en el siguiente recuadro

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.



i) ¿Quedan los valores en los rangos de incertidumbre de los momentos de inercia calculados en el experimento dentro de los rangos de incertidumbre de los momentos calculados con los modelos de cuerpos rígidos? ¿En ningún caso, en alguno(s) o en todos? ¿En cuál caso los resultados son más parecidos? ¿En cuál menos? Explica.

ii) ¿Consideras correcta la simulación de la fuerza de fricción cinética que se utilizó? _____

¿Por qué?

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Práctica 14. Momento angular¹

Conceptos clave

Conservación del momento angular – energía cinética rotacional

Introducción

El momento angular es una cantidad vectorial que se calcula como:

$$\mathbf{l} = I \boldsymbol{\omega} , \quad (1)$$

donde I representa al momento de inercia del cuerpo medido en $kg\ m^2$ y ω es la velocidad angular medida en rad/s.

Si en un sistema de dos o más objetos el la suma de momentos de torsión es igual a cero, entonces el momento angular total L se conserva,

$$\Delta L = 0. \quad \mathbf{L} = \mathbf{l}_A + \mathbf{l}_B + \dots , \quad (2)$$

Por otro lado, si un objeto rota con una velocidad angular, también tiene energía cinética rotacional, definida como:

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 . \quad (3)$$

que es el análogo rotacional de la energía cinética.

Objetivos:

En esta práctica analizaremos el momento angular total de dos cuerpos rígidos que colisionan. A través de las mediciones obtenidas encontraremos experimentalmente:

- 1) La relación entre el momento angular total de un sistema de dos cuerpos rígidos antes y después de que colisionen.

¹ Para poder llevar a cabo esta práctica es necesario haber realizado la práctica 13.

**Procedimiento:**

Equipo de trabajo
Plataforma giratoria
Disco
Cilindro
Regla
Cámara de video

1. Toma los valores de los momentos de inercia que experimentalmente encuentraste en la práctica anterior para el disco cuando gira horizontalmente, I_D y para la combinación de disco más cilindro I_{DC} .

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

$$I_{DC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Monta el disco horizontalmente sobre la plataforma y dale un empujón para que comience a girar.
3. Mientras tomas video desde arriba del disco girando, toma el cilindro y llévalo APENAS por encima de la hendidura del disco y suéltalo. Procura grabar al menos una vuelta del disco solo y una de la combinación disco + cilindro.
4. Repite el paso anterior otras dos veces con distintas velocidades iniciales.

Análisis de datos y resultados:

Ahora vas a analizar el momento angular del sistema antes y después de la colisión.

1. Realiza el análisis de los videos. En cada caso genera una gráfica de las componentes x y y de la posición de un punto del disco antes y después de soltar el cilindro (en series de puntos independientes), y haz un ajuste de la forma $A \sin(Bt+C)+D$ a cada una de las gráficas. Mide el radio del disco para fijar la escala.

i) Del ajuste de la curva nos interesa la velocidad angular, ω . ¿Cuál de todos los parámetros corresponde a dicho dato?

2. De acuerdo con tu respuesta a la pregunta anterior y a los ajustes de las curvas, completa la tabla 14.1. Obtén el promedio de los datos correspondientes de los ajustes de x y y .

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
ANTES	$x: \omega =$	$x: \omega =$	$x: \omega =$
	$y: \omega =$	$y: \omega =$	$y: \omega =$
	$\omega_{1D} =$	$\omega_{2D} =$	$\omega_{3D} =$
DESPUÉS	$x: \omega =$	$x: \omega =$	$x: \omega =$
	$y: \omega =$	$y: \omega =$	$y: \omega =$
	$\omega_{1DC} =$	$\omega_{2DC} =$	$\omega_{3DC} =$

Tabla 14.1. Valores de la frecuencia angular para los distintos casos.

3. Calcula la cantidad de movimiento angular del disco solo y de la combinación disco + cilindro. Registra los valores en las filas correspondientes de la tabla 14.2.
4. Calcula el porcentaje del momento después de soltar el cilindro respecto al momento antes. Hazlo a partir del cociente del final entre el inicial. Registra tus resultados en la fila correspondiente de la tabla 14.2.
5. Calcula la energía cinética rotacional del disco solo y de la combinación disco + cilindro. Registra los valores en las filas correspondientes de la tabla 14.2. Registra los cálculos en el siguiente recuadro.

Realiza los cálculos dentro de este recuadro.

6. Calcula el porcentaje de la energía cinética rotacional después de soltar el cilindro respecto a la energía cinética antes. Hazlo a partir del cociente de la final entre la inicial. Registra tus resultados en la fila correspondiente de la tabla 14.2.

Observaciones y discusiones:

Conclusiones:

Apéndice. Usando el equipo

1. Riel de aire

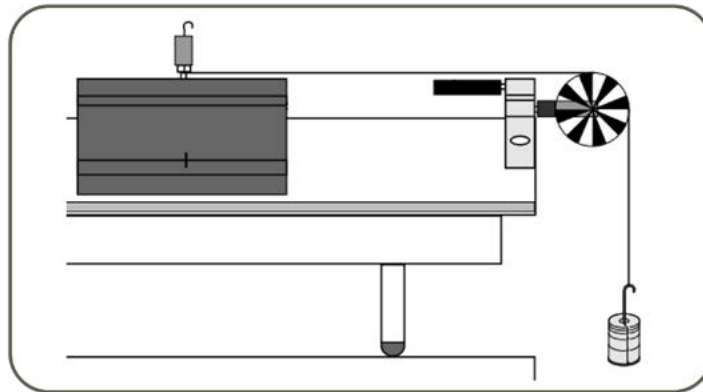


Figura 1. Riel de aire con una polea en uno de sus extremos.

Instrucciones de uso

1. Retira la cubierta del riel.
2. Coloca en sus extremos los protectores de liga y cualquier otro aditamento que la práctica requiera, por ejemplo, una polea.
3. Si vas a usar una polea, mueve el riel de tal forma que un objeto colocado en el extremo donde va la polea tenga la libertad de caer más abajo que el nivel de la mesa.
4. Si vas a usar una polea, mueve el riel de tal forma que un objeto colocado en el extremo donde va la polea tenga la libertad de caer más abajo que el nivel de la mesa.
5. Si, por el contrario, necesitas el riel inclinado, coloca algún objeto como el bloque de madera o un cuaderno debajo de su pata, cuidando siempre de su estabilidad.
6. Cuando hayas terminado, retira el deslizador, apaga la bomba, regresa el riel a su posición en que lo encontraste y coloca la cubierta.

Importante:

- Cuida que siempre estén instalados los protectores de liga en los extremos del riel.
- No coloques el deslizador en el riel si la bomba está apagada.
- Cuida que el deslizador no exceda cierta velocidad que pueda hacer que caiga del riel al topar en un extremo. Ten especial cuidado al usar la polea.
- Si colocas objetos debajo de la pata del deslizador, cuida que esté bien estable incluso al topar el deslizador en un extremo.
- Puedes elegir y añadir constantes en el botón “Parámetros”.

2. Lanzador de proyectiles

Instrucciones de uso

1. Retira la pelotita del brazo pendular.
2. Introdúcelo en el cañón ayudándote con el bastón. La pelota se puede introducir en tres posiciones diferentes y en cada una escucharás un clic. Entre más al fondo, saldrá disparada con mayor rapidez.
3. Apunta el cañón con el ángulo deseado. Para esto, ayúdate con el transportador dibujado en el equipo (ver figura 2) y con la pesita que cuelga del hilo.
4. Dispara jalando hacia abajo el brazo que libera la traba.
5. Cuando hayas terminado, acomoda el cañón vertical y coloca la pelota en el brazo pendular.

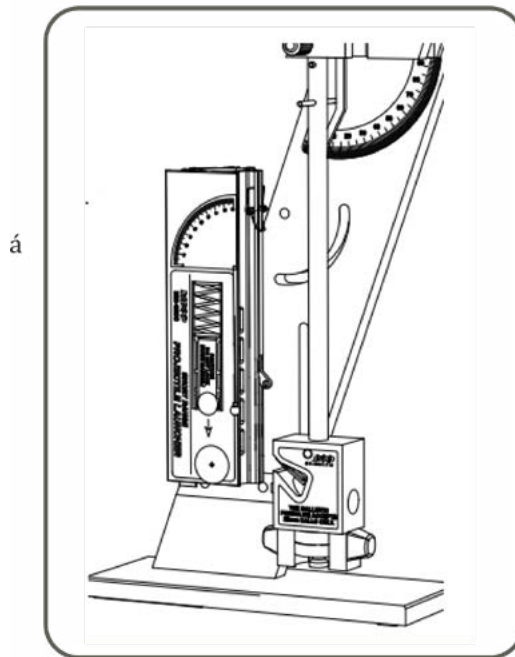


Figura 2. Lanzador de proyectiles.

Importante:

- Cuida que ninguna persona esté en la trayectoria de la pelota.
- Comienza con la rapidez más baja para que vayas tomando una referencia de hasta dónde puede llegar la pelota y así evitar algún daño.
- Nunca apuntes hacia donde haya un material o equipo que se pueda dañar. Esto incluye las lámparas en el techo.

Toma de video

1. Cuida que la cámara esté bien alineada horizontal y verticalmente, esto es, que sea lo más paralela posible al plano del movimiento que quieres capturar.
2. Cuando estés grabando, cuida que la cámara esté lo más inmovilizada posible. Puedes incluso apoyarte en alguna base que tengas para tu cámara.
4. Procura no grabar mucho más del contenido que necesitas, para que los videos no queden muy pesados.

Referencias

- Alonso, M. Finn, E. (1970). FÍSICA. Vol.1. MECÁNICA. Fondo educativo interamericano.
- PASCO scientific. Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model SF-9214 Precision 2.0 Meter Air Track. https://cdn.pasco.com/product_document/2-m-Air-Track-Manual-SF-9214.pdf
- PASCO scientific. Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-9215B Photogate Timer. https://cdn.pasco.com/product_document/Air_Track_Experiments_012-06379B.pdf
- PASCO scientific. PASCO Short Range / Long Range Projectile Launcher ME-6800, ME-6801. https://cdn.pasco.com/product_document/Projectile-Launcher-Manual-ME-6801.pdf
- PASCO scientific. Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-8950A Complete Rotational System. https://cdn.pasco.com/product_document/Complete-Rotational-System-Manual-ME-8950A.pdf
- Vernier Science Education (2011). Video in Logger Pro. http://www2.vernier.com/manuals/video_and_logger_pro.pdf
- Resnick, R. (1992). Physics Vol.1. John Wiley & Sons.
- Serway, R. Jewett, J. (2008). Física para ciencias e ingeniería. Cengage Learning Editores.
- Young, H. Freedman, R. (2009). Física Universitaria. Pearson Educación.

Experimentos de Mecánica elemental a través de análisis de video

Se terminó de editar en diciembre de 2023

en los talleres de **Astra Ediciones**

Av. Acueducto No. 829

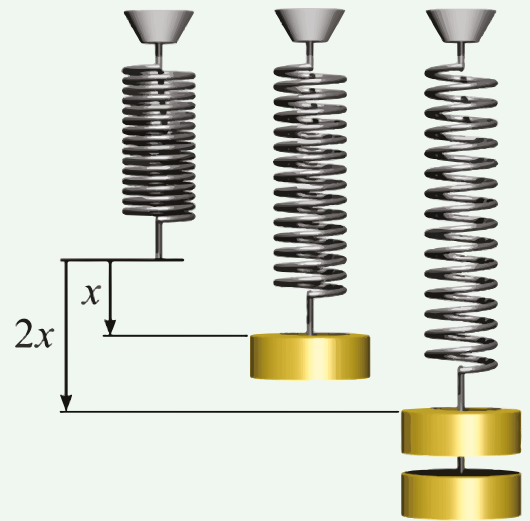
Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

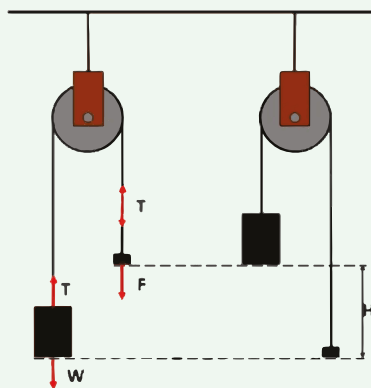
33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com.



Este libro está pensado para un curso de Laboratorio que acompañe a un curso de Mecánica de nivel superior. Está diseñado, además, para que los parámetros que describen la cinemática del experimento se obtengan a través del análisis de video. Esto es, los experimentos se graban con una cámara de video, equipo con el que cuentan la mayoría de los estudiantes a través de su teléfono móvil. Una vez capturado el video, este se analiza mediante el programa Logger Pro, software con el que se debe contar, al menos en una computadora por equipo de trabajo.



ISBN: 978-84-19799-84-5



astra
editorial