

Laboratorios Mecánica

"Recopilación y actualización de guías para trabajo con TICS"

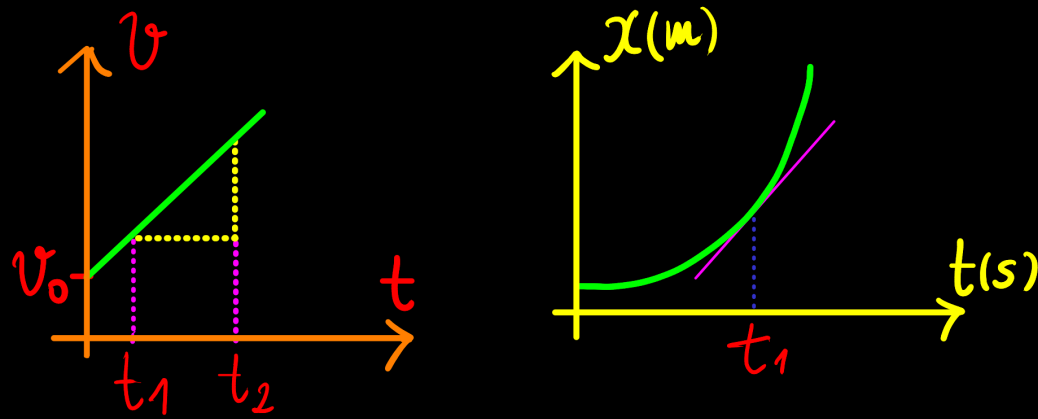
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

WWW.UAN.EDU.CO

"Capacidad experimental, honestidad en la publicación de los resultados e inteligencia para interpretarlos" Richard Feynman

Primera Edición, Febrero 2022

Linear accelerated motion



1. Estudio de MRUA con Equipo Vernier

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Estudiar las características del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado usando el equipo Track System de la compañía Vernier.

1.1.2 Específicos

- Medir la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo de un carrito sobre riel, el cual es acelerado a través de una masa colgante.
- Realizar estas medidas usando el sistema de captura en tiempo real usando el equipo de Track System y la aplicación Vernier Graphical Analysis, ambos de la empresa Vernier.
- Realizar un adecuado análisis de datos para estimar variables relevantes en el experimento.

1.2 Marco Teórico

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, abreviado como **MRUA**, es un tipo de movimiento que se caracteriza por el cambio uniforme de la velocidad (o rapidez) en función del tiempo. En otras palabras, la velocidad del cuerpo en estudio debe cambiar en cantidades iguales en intervalos de tiempo iguales. Esto implica que la aceleración es un valor constante (diferente de cero) durante todo el tiempo en el cual ocurre el movimiento del objeto. Por lo tanto, una representación gráfica de la velocidad en función del tiempo debe ser una línea recta, como la que se muestra en la figura (1.1).

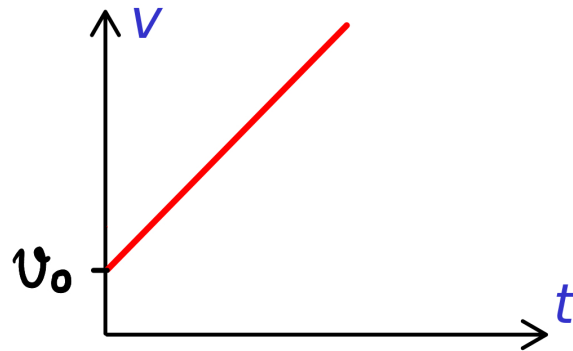


Figure 1.1: Representación de la velocidad en función del tiempo de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

De esta gráfica se pueden destacar dos parámetros importantes:

1. **la velocidad inicial** v_0 , la cual indica el valor de velocidad considerado en el instante inicial del análisis. Este valor también se conoce como el punto de corte o intercepto en la gráfica de velocidad versus tiempo. En el ejemplo de la figura (1.1), la velocidad inicial se registra en el tiempo inicial $t = 0$. Pero esta velocidad inicial también podría haber sido tomada en un tiempo posterior, al cual conoce como tiempo inicial t_0 .
2. **la aceleración** a del objeto, la cual se obtiene como la pendiente de la gráfica de la velocidad versus tiempo. Por ejemplo, en la gráfica mostrada en la figura (1.1), la aceleración es positiva dado que la variable velocidad aumenta conforme aumenta la variable tiempo. Sin embargo, la pendiente de una gráfica velocidad versus tiempo también puede ser negativa, con lo cual la aceleración es negativa. La expresión más general que describe la velocidad de un objeto en MRUA está dada por:

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0). \quad (1.1)$$

En caso de que el tiempo inicial t_0 sea igual a cero, la ecuación anterior representa una línea recta como la mostrada en la figura (1.1).

En cuanto a la posición, se espera que la variación de esta en función del tiempo sea de tipo cuadrática de acuerdo con la expresión:

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2, \quad (1.2)$$

donde x_0 es la posición inicial, v_0 es la velocidad inicial, y a es la aceleración (un valor constante diferente de cero). La representación de grafica de la posición en función del tiempo debe ser una parábola. Algunos ejemplos de posibles representaciones de posición pueden ser como las que se muestran en las figuras.

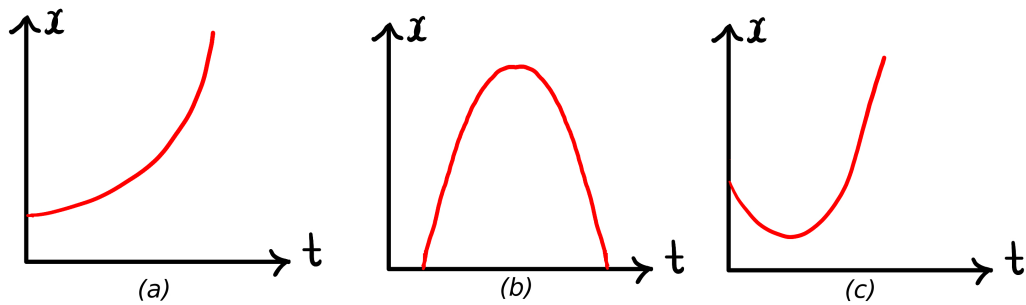


Figure 1.2: Algunas de las posibles gráficas de la posición en función del tiempo de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

1.3 Actividades Previas al Laboratorio

Considere el sistema físico que se muestra en la figura (1.3). Se trata de un carro de masa M que se mueve sobre una superficie horizontal, atado a una cuerda que pasa por una polea, e impulsado por una masa m colgante y atada del otro extremo de la cuerda. Suponga que entre las ruedas del carro y la superficie horizontal existe fricción, cuyo coeficiente de fricción cinética es μ_k .

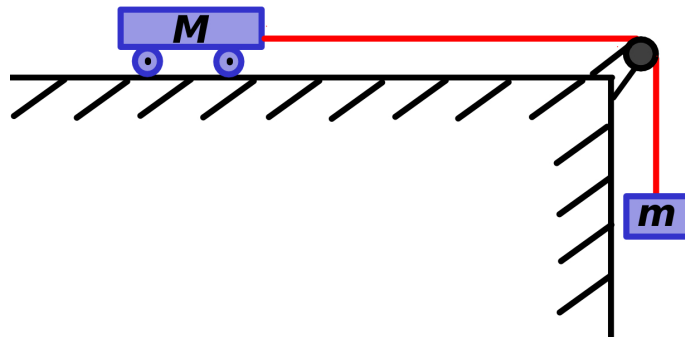


Figure 1.3: Sistema físico de carro deslizante sobre riel con ligera fricción e impulsado por masa colgante.

1. Dibuje un diagrama de cuerpo libre (DCL) para el carrito y otro para la masa colgante.
2. De estos DCL, escriba las ecuaciones que surgen de la Segunda Ley de Newton, tanto para el carro como para la masa colgante.
3. Demuestre, con mucho detalle, que desde estas ecuaciones se obtiene la aceleración del sistema, la cual debe ser igual a:

$$a = \frac{g(m - \mu_k M)}{m + M}, \quad (1.3)$$

donde g es la aceleración de la gravedad.

4. Explique qué ocurre si el coeficiente de fricción es muy pequeño. ¿Qué forma debería tomar la anterior expresión?

1.4 Toma y Análisis de Datos

1.4.1 Instalación y uso de la aplicación Vernier Graphical Análisis

Para esta experiencia se usará el equipo de Dynamic Car System de la compañía Vernier y la aplicación Vernier Graphical Analysis. Esta última, está disponible como aplicaciones para teléfonos móviles con diferentes Sistemas Operativos en la página web: <https://www.vernier.com/products/graphical-analysis/free/>

Esta experiencia también incluye un carro deslizante sobre un riel de aluminio. Este carro consiste de una unidad inteligente con sensor de posición, el cual envía los datos, via Bluetooth, a un teléfono móvil con la aplicación Vernier Graphical Analysis instalada, como se sugirió anteriormente. La Figura (1.3) muestra un ejemplar del carro deslizante.

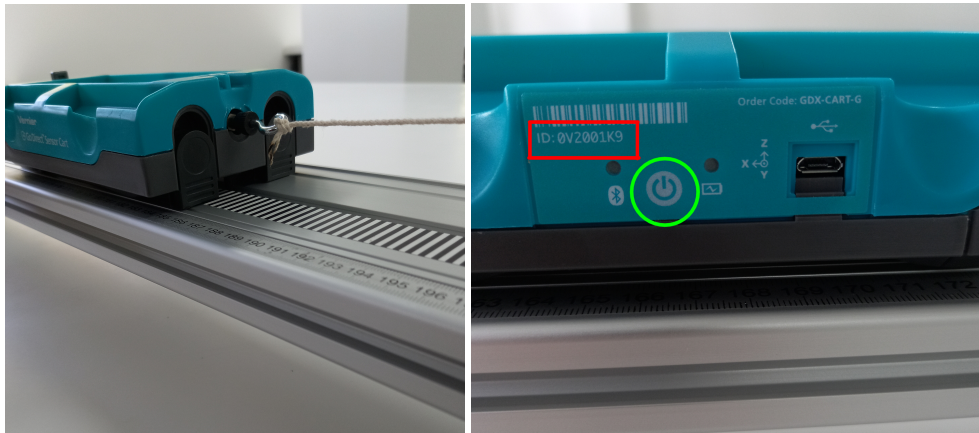


Figure 1.4: Carrito con sensor de movimiento sobre riel de aluminio. En la parte derecha se puede ver el interruptor de encendido del sensor (verde) y el código de identificación (rojo) que será visible en el teléfono móvil.

En la imagen de la derecha de la Figura 1.4 se puede apreciar un botón de encendido (en verde) y un código (en rojo) que identifica a esta unidad en el rango de detección por Bluetooth que realiza su teléfono móvil a través de la aplicación Vernier Graphical Analysis. Una vez se acciona este interruptor, la aplicación le mostrará las unidades que se encuentran encendidas, tal y como se observa en la Figura (1.5). De esta manera, se debe vincular la unidad que coincida con el código impreso en el carro deslizante. Confirme esta acción con la orden "Conectar".

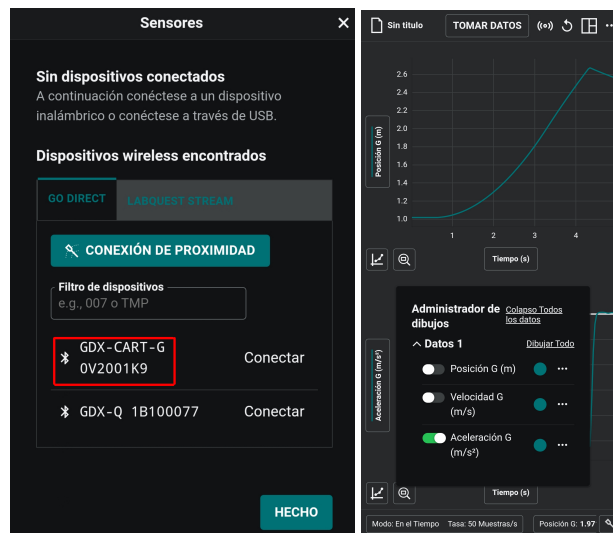


Figure 1.5: (Izquierda) Interfaz de conexión en la aplicación Vernier Graphical Analysis. (Derecha) Interfaz de registro de datos experimentales enviados al teléfono móvil desde el sensor de movimiento del carro.

En el cuadro derecho de la Figura (1.5) también se muestra la interfaz gráfica para la representación de variables cinemáticas en función del tiempo. Como se puede ver, es posible activar las variables que se desean usar o desactivar aquellas que no. Cuando el montaje experimental está a punto para iniciar la toma de datos, es posible pulsar el botón superior "TOMAR DATOS". Cuando el sistema registra los datos experimentales, este los puede presentar en forma gráfica o en formato de tabla de datos como se puede ver en la Figura (1.6). En el caso del formato de tabla de datos, esta puede ser descargada o compartida a través correo electrónico en formato CSV, compatible con hojas de cálculo como Excel o con OpenOffice Calc.

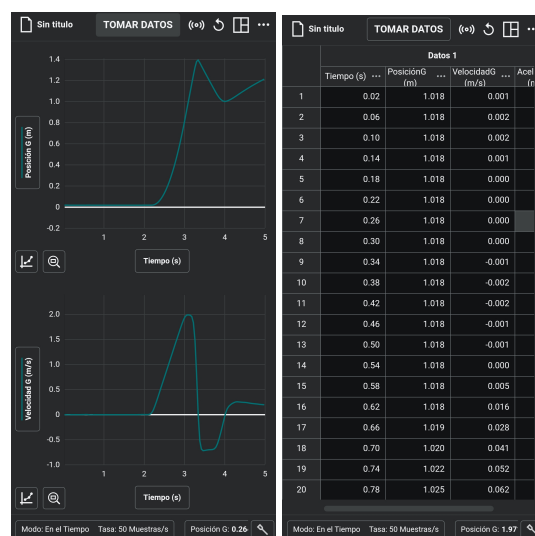


Figure 1.6: Datos colectados por la aplicación presentados en forma gráfica o en formato de tabla.

1.4.2 Equipo de Laboratorio

Para esta práctica se requiere:

1. Carro sensor del equipo Vernier
2. Riel graduado de aluminio del equipo Vernier
3. Polea del equipo Vernier
4. Cuerda delgada
5. Juego de masas
6. Balanza

1.4.3 Montaje Experimental

Básicamente se desea reproducir el sistema físico ilustrado en la Figura (1.3), con los elementos listados anteriormente, como se muestra en la Figura (1.7). Sujete el carro a un extremo de la cuerda, pase esta por la polea y, al otro extremo de la cuerda, cuelgue una combinación de masas. Estas masas deben quedar suspendidas a una altura suficiente sobre el suelo de tal manera que el carro tendrá la oportunidad de moverse sobre el riel antes de que las masas lleguen al suelo.

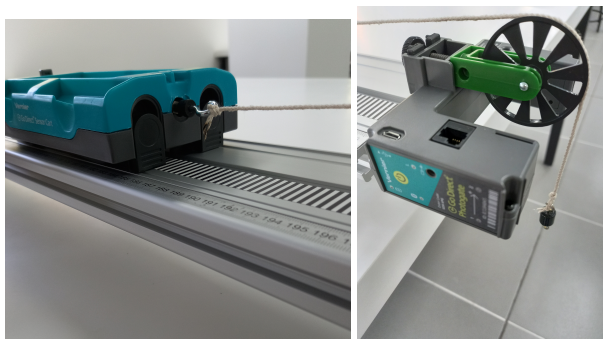


Figure 1.7: Montaje experimental consistente de carro sensor atado a un conjunto de masas colgantes a través de una cuerda que pasa por una polea.

1.4.4 Toma de datos

1. Encienda la aplicación en su teléfono móvil, encienda el carro sensor, y asegúrese de que este queda vinculado al teléfono móvil. Libere el sistema físico desde un punto fijo sobre el riel. **Cuidado: No permita que el carro sensor colisione con el extremo donde se encuentra la polea. Esto podría ocasionar que el carro caiga al suelo y sufra daños irreparables!.**
2. Inicie la toma de datos. Cuando el carro haya terminado el recorrido sobre el riel, descargue en formato CVS los datos de tiempo, posición, velocidad y aceleración. Visualice los datos en una hoja de cálculo (Excel por ejemplo) y escoja solamente un rango de datos para los cuales la velocidad es una línea recta. Registre estos datos seleccionados en la Tabla (1.1) y no olvide registrar la masa total de los contrapesos colgados en la cuerda.
3. Haga una gráfica de velocidad en función del tiempo. Verifique que los datos están distribuidos más o menos alrededor de una línea recta.
4. Para determinar la "mejor línea recta" que se ajusta a los datos de v vs t , use regresión por mínimos cuadrados para calcular la pendiente, es decir, la aceleración a , y el punto de corte con el eje de velocidad, es decir, la velocidad inicial v_0 . Para esto use las siguientes expresiones:

Masa colgante $m =$			
Tiempo t (s)	Posición x (m)	Velocidad v (m/s)	Aceleración a (m/s ²)

Table 1.1: Tabla de registro de datos cinemáticos seleccionados obtenidos desde la palicación Vernier Graphical Analysis.

$$a = \frac{n\sum t \cdot v - \sum t \cdot \sum v}{n\sum t^2 - |\sum t|^2}, \quad (1.4)$$

y

$$v_0 = \frac{\sum v \cdot \sum t^2 - \sum t \cdot \sum t \cdot v}{n\sum t^2 - |\sum t|^2} \quad (1.5)$$

- Copie las celdas del tiempo registradas en la Tabla (1.1) y construya datos de velocidad por cada valor de tiempo, de acuerdo con la expresión

$$v(t) = v_0 + at, \quad (1.6)$$


donde v_0 y a son las cantidades obtenidas por regresión en las ecuaciones (1.4) y (1.5).


- Haga una gráfica de velocidad en función del tiempo con estos datos contruidos y superpóngala a la gráfica con datos experimentales que realizó en el punto 3. ¿Coinciden estas gráficas?. Si no es así, verifique los pasos anteriores y haga las correcciones de las fallas que se hayan detectado.
- Ahora realice una gráfica de la aceleración en función del tiempo con los datos registrados en la Tabla (1.1). Sobre esta gráfica superponga una línea horizontal cuyo valor en el eje vertical de aceleración sea exactamente igual al valor de aceleración obtenido en la ecuación (1.4). Describa lo que observa. A que se pueden atribuir las diferencias con respecto la recta horizontal de aceleración constante? Calcule la aceleración promedio con los datos experimentales de aceleración. Calcule la diferencia porcentual de este promedio con el obtenido con la ecuación (1.4).
- Use la ecuación (1.3) para calcular la aceleración teórica del sistema. Para ello asuma que la fricción es muy pequeña comparada con la tensión T de la cuerda, es decir, que podemos asumir que el coeficiente de fricción μ es despreciable o casi cero. Tenga en cuenta que también debe medir la masa M del carro. Compare este valor de aceleración con el obtenido con la ecuación (1.4) y con el promedio que calculó en el apartado anterior. Use diferencias porcentuales para argumentar su análisis.
- Por último, elabore una gráfica de posición en función del tiempo con los datos de la Tabla (1.1). Simultáneamente, construya valores de posición con la ecuación (1.2), para lo cual deberá usar los valores de tiempo de la Tabla (1.1). Para los valores de la aceleración a y la velocidad inicial v_0 , tome aquellos calculados con las ecuaciones (1.4) y (1.5), respectivamente. El valor de tiempo t_0 tómelo de la primera fila de la Tabla (1.1). Elabore una gráfica de posición en


función del tiempo con esta construcción. Superponga ambas gráficas y explique las posibles razones de las discrepancias observadas.

10. Elabore un análisis ordenado y muy coherente con base en los resultados de este experimento.

1.5 Referencias

 SEARS, F. W., ZEMANSKY, M. W. Y YOUNG, H. D. : Física Universitaria. Addison - Wesley Iberoamericana, Vol 1.

 TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. 1. Ed. Reverte, Barcelona.

 SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo 1 McGraw- Hill.

 Vernier Graphical Analysis User Manual

<https://www.vernier.com/download-graphical-analysis-manual>

Bibliografía