

## Experimento remoto: Sistema Rieles inclinados – Volante

La experiencia instalada es relativamente común en la enseñanza de la Física básica para el estudio de cinemática del movimiento rectilíneo uniformemente variado. En la práctica tradicional, el experimento consiste en dejar rodar el volante sobre un plano inclinado, midiendo el tiempo que tarda en el recorrer toda la extensión del mismo. Con los datos de tiempo y distancia se calcula posteriormente la aceleración del centro de masas del volante, considerada constante durante todo el recorrido.

La informatización del experimento permite obtener con precisión una colección de datos de tiempo y distancia a lo largo del trayecto del volante, lo cual se realiza mediante barreras luminosas infrarrojas. Además es posible escoger el ángulo de inclinación de los rieles. El acceso al mismo a través de un enlace de Internet le otorga la ventaja adicional de estar disponible para los alumnos de otros centros educativos y además para que lo puedan operar desde su hogar.

El sistema consta de un par de rieles paralelos pivotados en un punto cercano al centro. Un extremo de los rieles está soportado por un tornillo sin-fin, accionado por un motor paso a paso, que se encarga de mover ese extremo en sentido vertical con el fin de fijar el ángulo de acuerdo al valor que le asigna el usuario. Realizada esta operación, el software conmuta un relay que corta la corriente al electroimán que se encarga de sostener el volante en la posición de partida. De esta manera se inicia el movimiento del volante sobre los rieles, que es de rodadura sin deslizamiento. Esto se asegura limitando el ángulo máximo de inclinación, en este caso a  $3^\circ$ . Finalizada la experiencia, el riel se inclina en sentido contrario para que el volante vuelva a su posición de partida.

Una de las características de la plataforma es la posibilidad de ver la experiencia en vivo a través de una cámara IP. En la figura 1 se puede observar una fotografía del dispositivo, en el que se indican distintas partes del mismo.

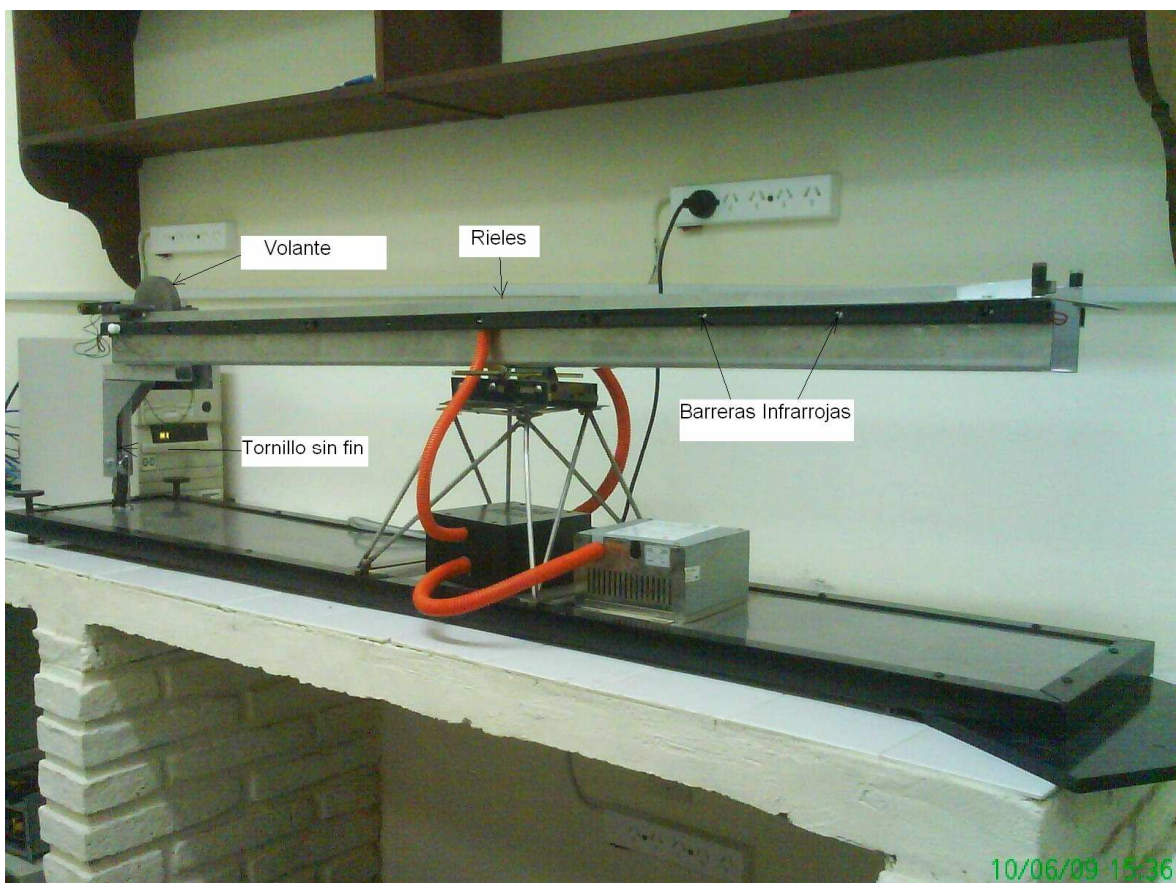


Figura 1: Fotografía del experimento remoto Rieles – Volante

El volante utilizado es como el representado en la figura 2, en la que se indican las barreras luminosas y el ángulo de inclinación respecto a la horizontal ( $\theta$ ).

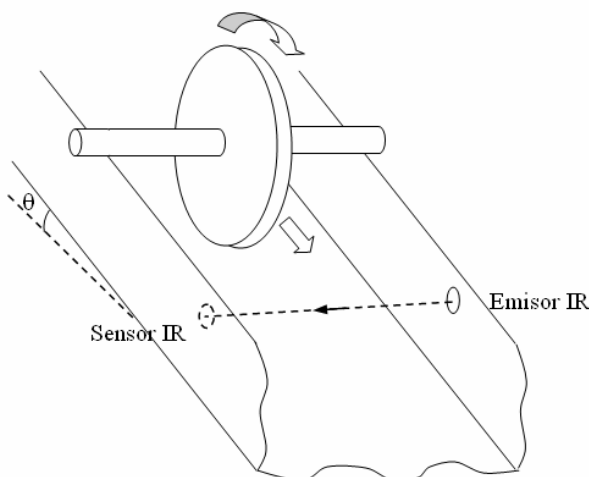


Figura 2: esquema del volante y sensores

### Acceso al experimento

El software utilizado para acceder al dispositivo en forma remota se presenta al usuario en formato de un applet Java. Para poder ejecutar la aplicación se necesita previamente haber instalado en la computadora un plugin: el JRE (Java Runtime Environment), al que se puede acceder en forma gratuita en el sitio Web de la empresa: <http://www.java.com/en/>. Se obtiene así un archivo ejecutable que instala el JRE.

Desde el sitio del Grupo Galileo, que ha desarrollado el laboratorio remoto, se puede acceder luego a los experimentos y también a la página de Java: <http://www.fiq.unl.edu.ar/galileo/>

Para poder utilizar el software también se requiere un nombre de usuario y una clave, que se pueden conseguir a través del responsable técnico del Grupo: Pablo Lucero <[plucero@fiq.unl.edu.ar](mailto:plucero@fiq.unl.edu.ar)>. Al respecto hay que tener en cuenta que la administración del uso de los experimentos se realiza en función de las posibilidades materiales de brindar el servicio en forma gratuita.

En la figura 3 se muestra la pantalla del experimento, luego de haber realizado un ensayo.

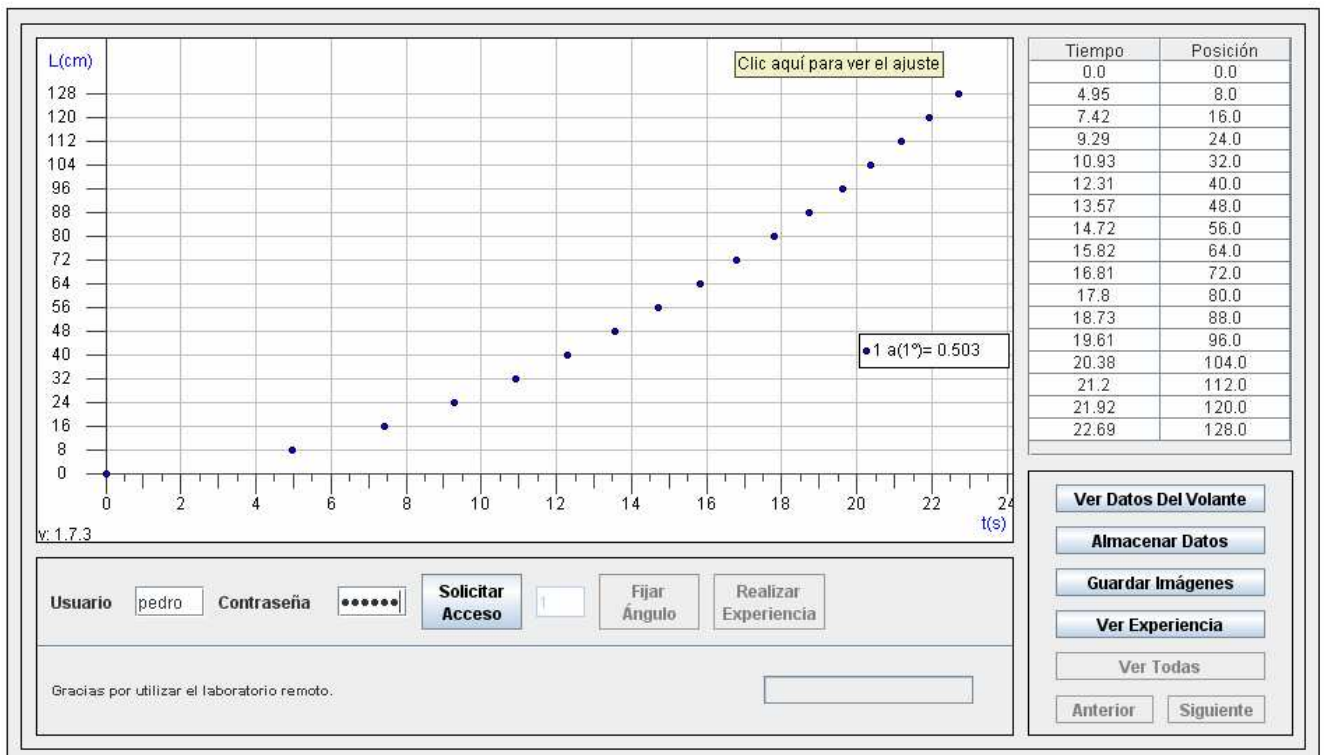


Figura3: Applet del sistema Riel – Volante luego de realizada una experiencia

A continuación se indican las instrucciones y recomendaciones para operar el experimento:

1. Ingrese a la página del Grupo Galileo (<http://www.fiq.unl.edu.ar/galileo/>). Escoja la opción "Externo a UNL" o "Interno UNL", según el caso, y de esa manera ingresará a la página principal del Laboratorio. En su columna de la derecha puede observar de manera opcional un breve video con conceptos generales sobre laboratorios remotos y sobre los experimentos disponibles.
2. Para acceder al experimento del volante seleccione el enlace "Riel Inclinado – Volante", y finalmente "Ingresar directamente al laboratorio remoto - Riel inclinado - Volante".
3. Ingrese a la cámara IP haciendo clic en el botón "Ver Experiencia" del applet. Deberá ingresar las claves, que en este caso, tanto para usuario y contraseña es la palabra "usuario". De esta manera se abrirá una nueva instancia o pestaña de su navegador, a través de la cual podrá observar el experimento online.
4. Ingresar nombre de usuario y contraseña personal en los campos de texto correspondientes.
5. Hacer clic sobre "Solicitar Acceso" para pedir acceso al experimento. En caso de haber otros usuarios accediendo al laboratorio se le indicará el número que hay antes de su turno. Cada experimento tarda entre uno y dos minutos. Una vez que llegue su turno se habilitará el siguiente paso. (Nota: una vez pedido el experimento el usuario tiene un límite de tiempo de un minuto para realizar cada paso. Pasado ese tiempo será eliminado de la cola y deberá empezar el proceso de nuevo).
6. Escoger el ángulo del riel anotándolo en el campo correspondiente. Los valores admitidos son entre 0,3° y 3°. Presionar el botón "Fijar Ángulo".
7. Si está conforme con el ángulo presione "Realizar experiencia" para comenzar el experimento, de otra manera escoja un nuevo ángulo, repitiendo el paso 5. Luego de iniciar el experimento, puede pasarse a la cámara IP para observar el desarrollo del mismo.

Los datos obtenidos se grafican y representan en una tabla a la derecha de la pantalla. Además se realiza automáticamente un ajuste por mínimos cuadrados de los datos con el fin de obtener la aceleración, resultado que aparece en el gráfico. Para ver la gráfica del ajuste, debe hacer clic en el

gráfico original (para volver, hacer clic nuevamente). Para guardar ambas gráficas en formato JPG debe hacer clic en el botón “Guardar imágenes”. Una vez elegido el nombre se guardarán ambas imágenes con ese nombre más el número 1 para los datos y el número 2 para el ajuste. Los datos se pueden exportar al porta papeles haciendo clic en “Almacenar Datos”, por lo que se puede copiarlos a un archivo Excel, cada vez que se realiza una experiencia.

En caso de realizar varias experiencias seguidas, se puede “navegar” entre las mismas haciendo clic en los botones “Anterior” y “Siguiete”. Para ver las gráficas de todas las experiencias simultáneamente hacer clic en “Ver Todas”.

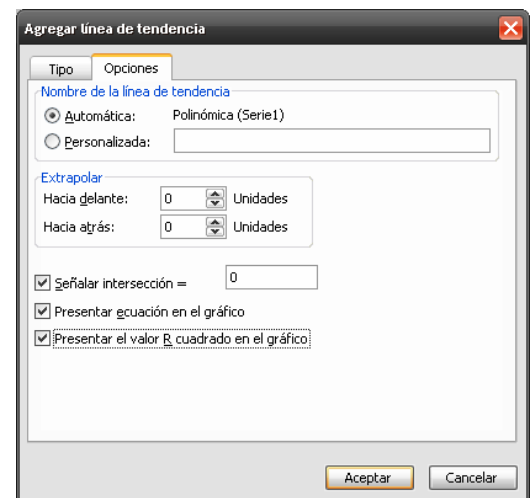
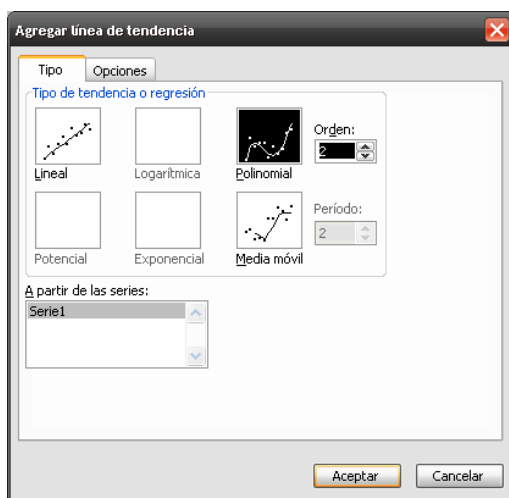
## Actividades de enseñanza sugeridas

### Cinemática

Una vez realizado el experimento remoto, puedes obtener directamente de pantalla el valor de la aceleración.

De todas maneras, en esta parte trabajaremos directamente con los datos de espacio y tiempo con el objetivo de comprobar que se trata de un movimiento con aceleración constante. Para ello cuentas en la pantalla con una tabla de dos columnas: tiempo empleado y distancia recorrida desde el comienzo. Puedes copiar esa tabla haciendo clic en el botón “Almacenar datos”, y pegarla en una planilla Excel. En la columna izquierda deben estar los tiempos y en la derecha las distancias.

1) Con el Excel, realiza una gráfica  $x = f(t)$  (escoge el tipo XY Dispersión), la cual debería tener forma de parábola. Haciendo clic derecho sobre alguno de los puntos de la parábola, aparece un menú en el que puedes seleccionar la opción “agregar línea de tendencia”. En “tipo” Escoge tipo Polinomial de 2do orden, y en “opciones” tilda las tres inferiores.



De esta manera obtendrás una función cuadrática ( $y = f(x)$ ), donde  $y$  es la distancia recorrida y  $x$  el tiempo empleado. En particular interesa el coeficiente de  $x^2$ . Analiza si ese coeficiente es el doble o la mitad de la aceleración, y luego obtiene el valor de la aceleración del movimiento.

Como podrás observar, aparece también un coeficiente de  $x$  que no es cero, lo cual teóricamente representa una velocidad inicial. Ese valor, que es muy pequeño, es atribuible al mecanismo de lanzamiento del dispositivo experimental.

El coeficiente  $R$  cuadrado representa el grado de ajuste entre los datos experimentales y la función con la cual se los representa. Cuanto más próximo a 1 es este valor, mayor es el grado de ajuste.

¿Se puede concluir en base a estas experiencias, que el centro de masas del volante realiza un movimiento con aceleración constante?

Se sugiere repetir la experiencia dos o tres veces y comparar los distintos resultados ¿A que

puedes atribuir las discrepancias de valores obtenidos en distintas experiencias?

### Dinámica

2) A partir de la aplicación de las leyes de la dinámica, deduce la expresión de la aceleración del centro de masa del volante, suponiendo que se trata de un movimiento de rototraslación sin deslizamiento. Comprueba si la misma se corresponde con la expresión (1), donde  $I_0$  es el momento de inercia del volante y  $r$  el radio del eje del mismo.

$$a_x = \frac{mg \operatorname{sen}(\theta)}{m + I_0/r^2} \quad (1)$$

3) Calcula el momento de inercia del volante a partir de los datos del mismo (masa y dimensiones). Comprueba si obtienes un valor del orden de:  $16 \times 10^3 \text{ g cm}^2$

Datos del volante

Masa: 1241 g

Diámetro de eje: 12,15 mm

Longitud de cada semieje (saliente): 67,6 mm

Diámetro del disco: 106,67 mm

Espesor del disco: 16,2 mm

4) Realiza experiencias con distintos ángulos y compara la aceleración experimental con la que puede calcularse a partir de la ecuación (1).

5) Para uno de los experimentos realizados, calcula la variación de energía potencial entre el inicio y el final del movimiento (tener en cuenta que la longitud total del recorrido es de 128 cm), y luego la energía cinética total del volante al final del movimiento. Relaciona ambas cantidades y realiza una comparación.

6) Analiza las experiencias realizadas, y el grado de coincidencia entre resultados experimentales y predicciones teóricas. Posibles causas de las discrepancias, etc.