

## 1. MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME

Tabla 1. DATOS: Obtenga con el carril horizontal los datos con el programa Tracker. Si no le da tiempo use los datos de la última página.

**Tabla 1: tiempo y posición de una bola en movimiento horizontal sobre un carril.**

$t(s)$							
$x(cm)$							

### 1A-Representación de $x(t)$ en función de $t$ . Obtención de las velocidades.

#### GRÁFICA 1.

1A1. Elección y dibujo de los ejes coordenados.

1A2. A partir de la tabla de arriba, escoja una escala adecuada, tal que los datos ocupen una parte importante del papel, pero, por otra parte, sea muy fácil pasar de los cuadros a los valores representados.

1A3. Dibuje los ejes coordenados, el horizontal para el tiempo  $t(s)$  y vertical para la coordenada del movimiento  $x(m)$ .

1A4. Dibuje marcas cada pocos cuadros y marque valores a intervalos regulares (por ejemplo, cada 4 o 5 cuadros) en el eje del tiempo y de la posición.

1A5. Represente con una pequeña aspa los puntos de la tabla, sin dibujar líneas para marcar las coordenadas.

1A6. Con ayuda de la regla recta, dibuje la recta que mejor se adapta a dichos puntos, aunque podría no pasar exactamente sobre ellos.

### 1B.-Medición de la velocidad en la gráfica:

La velocidad  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  es la pendiente de la recta. Dibuje un triángulo con vértice en un punto de la recta, base la horizontal positiva y altura una línea vertical que cierre el triángulo tocando la recta y la horizontal. Cuanto mayor sea el triángulo, más precisa la medida. Dividiendo la altura entre base de cada triángulo se obtiene la velocidad

**Nota 1:** Note que  $\Delta x$  y  $\Delta t$  están medidos, no en el papel, sino en las unidades representadas en cada eje. Por lo tanto, lleve las distancias en el papel con el compas o una regla al eje correspondiente.

**Nota 2:** Puede ser útil utilizar los factores de conversión  $\left(\frac{xxx s}{cx}\right), \left(\frac{xxx cm}{cy}\right), \left(\frac{xxxx cm/s}{cy/cx}\right)$ , donde  $cx$  y  $cy$  representan los cuadros en el eje  $x$  e  $y$  respectivamente, aunque es preferible el método en la nota 1.

**Escriba los valores obtenidos y sus unidades**

$\Delta t$	$\Delta x$	$v$

**Copie esta tabla por delante en la misma gráfica.**

## 2. MOVIMIENTO CON ACELERACIÓN CONSTANTE

**Tabla 2. DATOS: En la medida de la posición y tiempo de una pequeña bola lanzada sobre un plano inclinado se han obtenido los siguientes valores.**

$t(s)$						
$x(cm)$						

### 2A.-Representación de $x(t)$ en función de $t$ . Obtención de las velocidades.

#### GRÁFICA 2.

2A.1. Elección y dibujo de los ejes coordenados.

2A.1. A partir de la tabla de abajo, escoja una escala adecuada, tal que los datos ocupen una parte importante del papel, pero, por otra parte, sea muy fácil pasar de los cuadros a los valores representados.

2A.2. Dibuje los ejes coordenados, el horizontal para el tiempo  $t(s)$  y vertical para la coordenada del movimiento  $x(m)$ .

2A.3. Dibuje marcas cada pocos cuadros y marque valores a intervalos regulares (por ejemplo, cada 4 o 5 cuadros) en el eje del tiempo y de la posición.

2A.4. Represente con una pequeña aspa los puntos de la tabla, sin dibujar líneas para marcar las coordenadas.

2A.5. Con ayuda de la regla curvada, dibuje la curva regular  $x(t)$  que mejor se adapta a dichos puntos, aunque podría no pasar exactamente sobre ellos.

### 2B.-Medición de velocidades en la gráfica:

La velocidad  $v = \frac{dx}{dt}$  es la pendiente de la recta tangente a la curva  $x(t)$ . Dibuje una semirecta hacia la derecha, tangente a la curva para cada punto  $(t,x)$  de la tabla anterior.

Si la curva no pasa por el punto tome el punto de la curva justo encima o debajo.

2B.1 Dibuje un triángulo con vértice en el punto, base la horizontal positiva y altura una línea vertical que cierra el triángulo tocando la recta tangente y la horizontal. El triángulo debe tener un tamaño razonable con unos cuantos cuadros de base. Dividiendo la altura

entre base de cada triángulo se obtiene la velocidad que es la pendiente  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  de la recta.

**Nota 1:** Note que  $\Delta x$  y  $\Delta t$  están medidos, no en el papel, sino en las unidades representadas en cada eje. Por lo tanto, lleve las distancias en el papel con el compas o una regla al eje correspondiente.

**Nota 2:** Puede ser útil utilizar los factores de conversión  $\left(\frac{xxx s}{cx}\right), \left(\frac{xxx cm}{cy}\right), \left(\frac{xxxx cm/s}{cy/cx}\right)$ , donde  $cx$  y  $cy$  representan los cuadros en el eje  $x$  e  $y$

respectivamente, aunque es preferible el método en la nota 1.

**Tabla 2**

$t(s)$						
$v(cm/s)$						

**Copie esta tabla por delante en la misma gráfica**

**2C.-Representación de  $v(t)$  en función de  $t$ . Obtención de la aceleración.**

**GRÁFICA 3:**

2C.1. Siga los mismos pasos que en la gráfica 2, representando ahora en el eje horizontal el tiempo  $t(s)$  y en el vertical la velocidad  $v(cm/s)$ .

2C.2. En principio, habría que dibujar la curva regular  $v(t)$  que mejor se adapta a dichos puntos, y medir la aceleración para cada punto. Pero como el error al dibujar la pendiente es muy grande, es mejor usar que conocemos que el movimiento descrito debe ser una recta. Por lo tanto, dibuje la recta que mejor se adapta a dichos puntos aunque no pase por ninguno de ellos.

2C.3. Calcule la aceleración como la pendiente de dicha recta  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (en la recta)

$\Delta t$	$\Delta v$	$a$

2C.4. Las medidas anteriores corresponden a una rueda que asciende por un carril. Según se deduce en el apéndice abajo, la aceleración vale aproximadamente  $|a|=0.63 g \sin(\theta)$ . Despejar  $\theta$  de la formula anterior y obtener su valor en grados.

$\theta$	
----------	--

**Copie estas dos tablas por delante en la gráfica 3.**

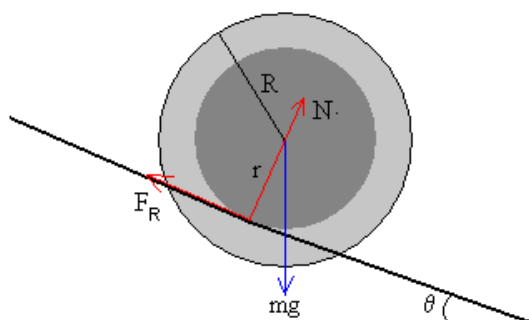
APENDICE (puede leerse más tarde): movimiento de una esfera en un carril inclinado.

Una esfera que rueda sobre un plano inclinado un ángulo  $\theta$  está sometida a tres fuerzas, la gravitatoria, la fuerza normal del plano y la fuerza paralela al plano o de rozamiento estático, pues ese punto tiene velocidad nula con respecto al plano si la rueda no desliza.

Suponiendo el eje  $x$  en la dirección del plano y hacia abajo, y el eje  $y$  perpendicular y hacia arriba. La primera ley de Newton da lugar a dos ecuaciones en el eje  $x$   $mg \sin(\theta) - F_R = ma_x$  y en el eje  $y$ .  $N - mg \cos(\theta) = 0$  que no son de utilidad pues solo sirven para obtener  $F_R$  y  $N$ . Analizando las ecuaciones para la dinámica de rotación con respecto al punto de contacto de la rueda con el plano (punto  $O$ ) vemos que la componente  $y$  de la fuerza gravitatoria da momento nulo, mientras que la componente  $x$  da lugar a  $mg \sin(\theta)r = I_0 \alpha$  siendo  $r$  el radio de giro,  $\alpha$  la aceleración angular, con  $a = \alpha r$ .  $I_0$  es el momento de inercia de la esfera respecto a  $O$ , que por el teorema de Steiner es  $I_0 = I_C + mr^2 = \frac{2}{5}mR^2 + mr^2$ .

Siendo el momento de inercia de una esfera respecto del centro de masas  $I_C = \frac{2}{5}mR^2$ . Como la bola está ligeramente hundida en el carril, el radio de giro  $r$  es un poco diferente del radio de la bola  $R$ . Sustituyendo  $\alpha$  e  $I_0$  obtenemos:

$$mg \sin(\theta)r = \left(\frac{2}{5}mR^2 + mr^2\right) \frac{a}{r} \text{ ecuación y despejando}$$



$$a = \frac{g \sin(\theta)}{1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{r}\right)^2}$$

Usando  $R=8.2 \text{ mm}$  y  $r=6.7 \text{ mm}$  se obtiene.

$$a = 0.63 g \sin(\theta)$$

### 3.-GRABACIÓN EN VÍDEO Y ANÁLISIS DE UN MOVIMIENTO MONODIMENSIONAL

3.1. Coloque el carril inclinado y mida una altura  $H$  y la distancia horizontal  $L$ . Calcule la tangente del ángulo  $\theta$  y el propio ángulo en grados.

$H$	$L$	$\text{tg } \theta$	$\theta$

3.2. Lance la esfera hacia arriba desde el borde del carril hacia arriba de forma que antes del final se frene y empiece a descender. Practique unas cuantas veces y a continuación grábelo en vídeo las veces que sea necesario hasta que el resultado sea satisfactorio.

3.3. Transfiera el vídeo al ordenador mediante un cable USB, internet o similar.

#### 4.-Análisis en vídeo del movimiento.

Descargue el software libre Tracker <http://physlets.org/tracker/> Este programa permite, a partir de una película de vídeo, obtener las coordenadas de la partícula en función del tiempo y analizar su movimiento. En la red existen mucho vídeos que enseñan a manejarlo, por ejemplo <https://www.youtube.com/watch?v=1MOjcSrPlaw> . Para el análisis de movimiento, cada pareja de prácticas realizará un vídeo. Se recomienda utilizar el móvil o tableta con mayor resolución y configurarlo para grabar al mayor número de fotogramas por segundo (fps) posible (intente activar si le aparece la opción de “slow motion”). Cada pareja de prácticas instalará el software anterior en el ordenador en el que vaya a trabajar. Es necesario que el vídeo que es cargado por Tracker tenga un número de imágenes por segundo constante. Si el vídeo grabado con el móvil no tiene esta característica, dicho vídeo debe ser procesado por un convertor de vídeos.

Siga los pasos a continuación. Tenga en cuenta que los menús son contextuales y pueden variar.

1. Abra Tracker, obtendrá un menú similar a este:

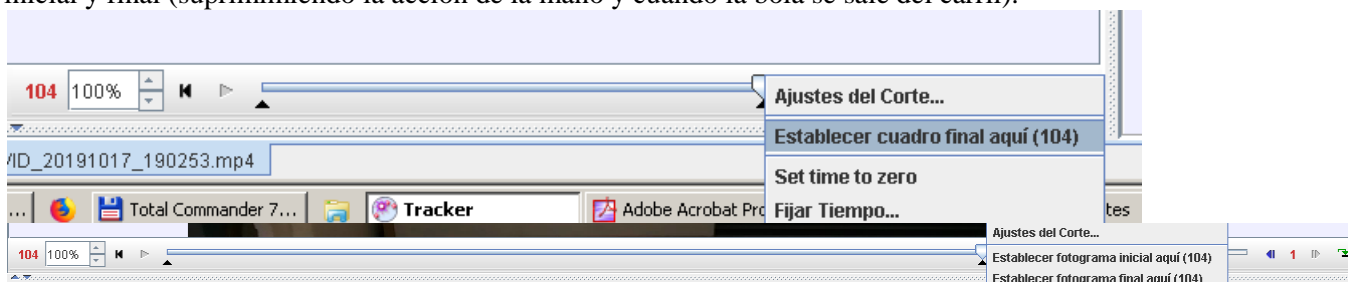


Además de los menús, hay varios iconos de acceso rápido que son muy útiles: de izquierda a derecha *abrir, guardar, ajustes, calibración, ejes, medida, crear*.

Nos referiremos a ellos de esta forma.

2. Clic en el icono archivo, abrir, cargar el vídeo. Aparecerá el vídeo en la ventana principal.

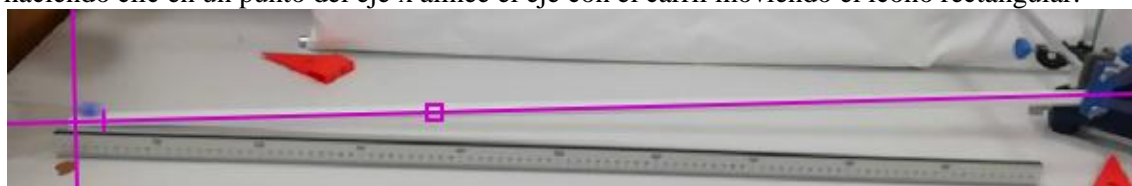
3.-En la barra abajo de progreso del vídeo y con el botón derecho del ratón seleccione el marco inicial y final (suprimimiendo la acción de la mano y cuando la bola se sale del carril).



4. Clic en el icono *calibración*, nuevo, *vara de calibración*. Muéva el punto inicial y final hasta los extremos del metro. Cambie la longitud a 100,0 cm. Usando el menu del boton derecho del ratón, bloquéela y márquela como invisible haciendo clic en el icono *calibración*.



5.-Haciendo clic en el icono *ejes*, coloque el origen de coordenadas al comienzo del carril y haciendo clic en un punto del eje x alinee el eje con el carril moviendo el icono rectangular.



A continuación, lo puede bloquear y hacer invisible.

6. Haciendo clic en el icono "rastreo ", masa puntual, masa A, cambie el nombre a "bola", u otro que le guste.

7. Haga clic en la pequeña ventana en que aparece "bola", a continuación muévase en el vídeo, haciendo MAY-CLIC sobre el centro de la bola. Puede arrastrar el punto si no le ha quedado bien. Por ejemplo, marque cada 10 fotogramas. Marque especialmente el punto en que la bola se detiene y empieza a descender. Son suficientes 7 o 9 puntos en total, el punto anterior y 3 o 4 antes o después.

8. Le aparece una ventana con una gráfica y datos. En los datos puede seleccionar cuales le interesan, elija  $t$  y  $x$ . Puede copiar los datos seleccionandolos con el ratón y CTRL-C, o exportarlos a un archivo de datos e importarlos con Excel (*archivo, exportar datos...*)

10.-Guarde la pestaña para no perder el trabajo realizado.

9. Haciendo clic con el boton derecho sobre la gráfica, le saldrá la opción analizar datos. Elija analizar y ajustar a una parábola.  $x= C+Bt+At^2$ . Comparando con la ecuación de un movimiento uniformemente acelerado  $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$ , obtenemos: aceleración  $a=2A$ ; velocidad inicial  $v_0=B$ , posición inicial  $x_0=C$ . Compare la aceleración obtenida con la teórica, escriba ambas en la tabla de abajo.

$a$	$a(\text{teórica})=-0.63 g \text{ sen}(\theta)$	$v_0$	$x_0$

10. Imprima la gráfica (editar, copiar, imagen, copie ésta en un editor de imagenes), y copie la tabla de arriba sobre la misma. Añada **dicha hoja al guión de laboratorio para que lo revise el profesor**.

11. También puede seleccionar todos los datos con la opción trayectoria automática. Haciendo clic en la ventana "bola", *trayectoria automática*, CTR-MAY-CLIC sobre la bola, para marcar su forma. En este caso puede representar y ajustar también la velocidad y aceleración  $v_x$  y  $a_x$ , y representar  $v_x$  y  $a_x$  en función del tiempo. Ajustando a una recta y a una constante obtiene de nuevo  $a$ .

FÍSICA I. SESIÓN 2: Fecha:  
Apellidos, nombre:  
Apellidos, nombre:

Grupo de teoría (T):

Grupo de laboratorio (L):

DATOS A USAR SI NO LE DA TIEMPO A OBTENERLOS.

### 1. MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME

**Tabla 1: tiempo y posición de una bola en movimiento horizontal sobre un carril.**

$t(s)$	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
$x(cm)$	26	34	49	63	78	91

### 2. MOVIMIENTO CON ACELERACIÓN CONSTANTE

**Tabla 2. DATOS: En la medida de la posición y tiempo de una pequeña bola lanzada sobre un plano inclinado se han obtenido los siguientes valores.**

$t(s)$	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
$x(cm)$	24	61	80	81	66	33