

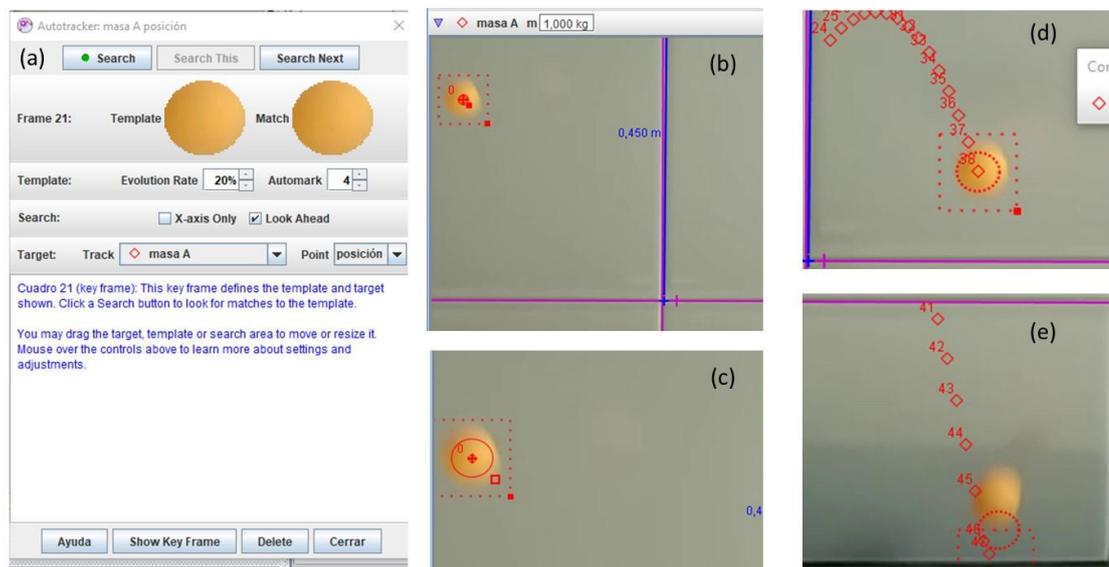
## Análisis de trayectorias con el programa Tracker

- A) El objetivo de esta tarea es la realización del video de una trayectoria bidimensional y su análisis mediante el programa Tracker (<http://physlets.org/tracker/>) del proyecto Open Source Physics. Se trata de obtener las características cinemáticas del movimiento: posición, velocidad y aceleración y analizarlo utilizando un modelo dinámico (fuerzas).
- B) En los grados de Física esta tarea se realiza en grupos de tres o cuatro alumnos. La selección de compañeros de grupo y la propuesta de temas se hace a través de una encuesta en el Campus Virtual.
- C) Algunos temas posibles son
- **Tiro parabólico:** lanzamiento de una pelota de baloncesto, lanzamiento de una bola pequeña, ....
  - **Caída a través de un fluido:** dejar caer un objeto pequeño a través de un fluido transparente como aire, agua, aceite,...
  - **Movimiento oscilatorio:** movimiento de una masa sujeta a un muelle, movimiento de un péndulo, movimiento en torno al punto más bajo de una curva
- D) En todos los casos hay que tener en cuenta varias consideraciones prácticas a la hora de realizar el video:
- ✓ Conviene que la velocidad del objeto no sea muy grande para que se obtenga un número suficiente de imágenes de la trayectoria con una cámara de video normal
  - ✓ Conviene dibujar un punto brillante (con laca de uñas) o pegar una pegatina reflectante para identificar con más facilidad el punto cuya trayectoria va a seguirse en el video.
  - ✓ La trayectoria debe ser plana (2D), en un plano paralelo al que toma la cámara de video
  - ✓ Conviene que la distancia entre la cámara de video y la trayectoria sea relativamente grande para evitar distorsiones debidas a la perspectiva
  - ✓ Es importante que la cámara esté fija (apoyada o sujeta por un palo selfie o trípode) para evitar vibraciones (no es buena idea sujetarla con la mano)
  - ✓ Anota la velocidad de grabación en fps (frames per second) que utiliza la cámara, es posible que al guardar o tratar el video esta información no se conserve bien.
  - ✓ Dentro de la imagen hay que incluir algún objeto cuyo tamaño sea conocido y que sirva como referencia de la escala de medida (regla de longitud conocida, por ejemplo). Te servirá para definir tu "Vara de calibración"
  - ✓ El video puede realizarse en los formatos más habituales de video digital (.mov, .avi, .mp4, .flv, .wmv, .ogg)
- E) Una vez realizado el video, hay que importarlo con el programa Tracker y generar una trayectoria:
- a. Importar video
  - b. Seleccionar la secuencia de imágenes que se van a utilizar para analizar la trayectoria con el



botón de la barra de herramientas. Elige el frame inicial, el frame final de la parte más interesante de la película y el "step", es decir, el intervalo entre frames a estudiar. Comprueba que el intervalo de tiempo asociado a cada fotograma coincide con el que has usado durante la grabación y, si no es así, corrígelo. No conviene que el número final de frames sea demasiado elevado (entre 20 y 100, según como sea el video).

- c. Crea una nueva “Vara de calibración” con el botón  de la barra de herramientas, ajustándola a algún objeto de tamaño conocido que hayas incluido en las imágenes.
- d. Dibuja el sistema de referencia con el botón  de la barra de herramientas. Puedes mover el origen y la orientación de los ejes sobre la imagen arrastrándolos con el ratón.
- e. Selecciona “Trayectoria>Nuevo>Masa Puntual” para empezar a definir la trayectoria.
- f. *Modo manual*: Presiona “Mayúsculas” para que te aparezca un cursor cuadrado sobre la imagen. Al hacer clic con el ratón, manteniendo presionada la tecla de mayúsculas, se irá marcando la posición del objeto en cada uno de los “frames” sucesivos de la película y se generará la hoja de datos tiempo-posición. Conviene ampliar la imagen al máximo con el zoom, para tomar los datos con resolución de píxeles.
- g. *Modo AutoTracker*: Presiona “Control+Mayúsculas” para entrar en el modo de identificación automática de la trayectoria.



**Figura 1:** a) Menu de la opción Autotracker. b) El cuadro punteado indica el área de búsqueda y el círculo la imagen de la partícula que se va a buscar en cada fotograma, puedes ajustar el tamaño de estas áreas con el ratón para cubrir mejor la imagen del objeto que vas a buscar en cada frame como se ve en (c). A partir de aquí, al pulsar el botón Search el programa busca de forma automática la posición de tu partícula en cada imagen mientras la evolución sea lenta. En ocasiones, el programa no encuentra el objeto en la zona prevista y la búsqueda se para (como en el panel (e)). En este caso, es necesario volver a posicionar el área de búsqueda de forma manual para poder continuar el proceso de Autotracker pulsando el botón Search This.

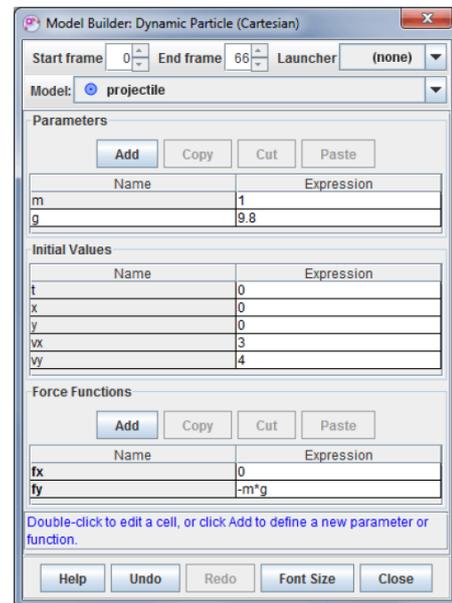
- h. En el panel derecho de la pantalla aparecerá el fichero de datos ( $t,x,y$ ) así como las gráficas ( $x$  vs.  $t$  e  $y$  vs.  $t$ ) si, pulsando el botón “Diagramas”, eliges que se vean 2 gráficas. Puedes modificar las magnitudes que se representan en la gráfica haciendo clic sobre el título de los ejes y eligiendo una nueva magnitud de una lista desplegable (para ver, por ejemplo,  $y$  vs.  $x$  en un tiro parabólico.)
- i. Ahora puedes calcular los vectores velocidad y aceleración en función del tiempo empleando

los botones  y 

F) Para guardar tu trabajo selecciona Archivo>Exportar>Archivo tracker. En el cuadro de diálogo que se abre, marca "Select All" para guardar todos los elementos del trabajo. Se genera un archivo \*.trk que puedes manejar con tracker.

G) Ahora puedes analizar tus datos construyendo un modelo dinámico en el que el programa calcule la fuerza en cada punto con la ecuación que tú elijas y, a partir de ahí, obtenga la aceleración, velocidad y posición en función del tiempo mediante una integral numérica.

- Selecciona Trayectoria>Nuevo>Modelo dinámico de la partícula>Cartesiano
- Has accedido a la pantalla del "Constructor de modelos"
- En "Parámetros" puedes "Añadir" todos los parámetros que necesites como masa, gravedad coeficiente de rozamiento, viscosidad, constante del muelle, etc según el movimiento que estés estudiando.
- En "Valores iniciales" tienes que dar los valores en  $t=0$  de posición  $(x,y)$  y velocidad  $(v_x,v_y)$
- En "Funciones de Fuerza" puedes escribir las ecuaciones de las componentes  $x$  e  $y$  de la fuerza empleando los parámetros y las variables  $(x,y,v_x,v_y)$  definidos anteriormente.
- Compara la trayectoria calculada con la trayectoria real y ajusta los valores de los parámetros y/o valores iniciales hasta obtener el mejor acuerdo posible. Para visualizar en la misma grafica  $(x$  vs.  $t$  o  $y$  vs.  $t$ ) la trayectoria experimental y la calculada haz clic con el botón derecho del ratón sobre la gráfica experimental; aparece un cuadro de diálogo en el que tienes la opción "Compare with" que te permite seleccionar el modelo que has construido y ver ambas curvas en el mismo gráfico. Conviene mirar también la comparación en las curvas de  $v$  vs.  $t$  y  $a$  vs.  $t$



H) Para guardar tu trabajo de forma definitiva y subirlo al Campus virtual, selecciona Archivo>Exportar>Trackerzip. En el cuadro de diálogo que se abre rellenas:

- Name: Nombre del experimento
- Author: miembros del grupo
- Video: deja marcado "Trim to clip" y el formato mp4
- Se genera un archivo \*.trz que puedes manejar con Tracker y que incluye toda la información, incluyendo la película.