

Ficha de trabajo

Título: Rozamiento y velocidad límite

Área: Física

Nivel: ciclo superior de escuelas medias

Esta es una actividad dirigida a estudiantes avanzados de escuelas medias. Presupone que los alumnos poseen conocimientos básicos de cinemática y dinámica, y su aplicación a casos sencillos.

El objetivo de este recurso es que el alumno amplíe sus conocimientos sobre el tema, en particular de los efectos de la fuerza de rozamiento sobre el movimiento, utilizando herramientas informáticas. En particular, se abordarán los siguientes aspectos:

- Estudio del movimiento de cuerpos en fluidos viscosos
- Análisis de datos experimentales utilizando planillas de cálculo
- Uso de internet y de distintos softwares para llevar a cabo simulaciones de experimentos

El movimiento de un péndulo se amortigua debido al rozamiento con el aire. Un objeto en caída vertical alcanza una velocidad límite al moverse en un fluido (esto se produce cuando la fuerza de rozamiento se hace igual al peso del cuerpo). Un ejemplo interesante para incentivar a los estudiantes para que investiguen sobre el tema es el caso de un paracaidista. La fuerza de rozamiento cambia cualitativamente el movimiento de los cuerpos, respecto al movimiento que los mismos tendrían en vacío. Es interesante que el alumno reflexione sobre la validez de las ecuaciones que aprendió en cinemática y dinámica (por ejemplo al describir el tiro oblicuo sin tener en cuenta la presencia del aire), que comprenda las aproximaciones realizadas y que compare con los resultados experimentales.

Día a día la computación avanza y se obtienen nuevas formas de representar fenómenos de forma virtual. En esta actividad proponemos realizar *simulaciones* de diferentes experimentos a los efectos de ilustrar los efectos de la fuerza de rozamiento en situaciones sencillas. Es interesante plantear la discusión acerca de las ventajas y desventajas de simular un experimento en la computadora o realizarlo en el laboratorio.

Actividad 1. Influencia de la fuerza de rozamiento sobre el período de un péndulo (y medición de la aceleración de la gravedad)

Se propone estudiar el efecto del rozamiento con el aire sobre un péndulo simple, a partir del software PHUN. Se recomienda que los alumnos trabajen individualmente para interiorizarse con el funcionamiento del programa (ver Apéndice 1).

Crear una escena que contenga un péndulo, y estudiar su movimiento con y sin rozamiento con el aire, y en presencia o ausencia de gravedad (esto puede hacerse fácilmente con los botones "g" y "air" del menú "sim control"). En particular:

1. Medir el período del péndulo en vacío, para distintas masas y longitudes del péndulo. Notar que el período no depende de la masa! Determinar g a partir de la fórmula $T=2\pi(L/g)^{1/2}$, donde T es el período y L la longitud del péndulo (Ojo: esta fórmula es válida sólo para amplitudes pequeñas).

Nota para el docente: un método más sofisticado para determinar g sería medir el período para diferentes longitudes, volcar los datos en una planilla de cálculo, y graficar T^2 vs L . La pendiente de la recta puede obtenerse utilizando la opción "línea de tendencia" del OpenOffice y a partir de ella se determina g .

2. Repetir el análisis en presencia de aire. Las diferencias en el movimiento son más marcadas cuanto menor es la masa del péndulo: el rozamiento y la fuerza de empuje hacen que aumente notablemente su período. Más aún, el péndulo "flota" si su densidad es menor que la del aire. En presencia de aire, en general no es posible determinar g a partir del período del péndulo con la fórmula descrita más arriba.

Preguntas:

- ¿En los experimentos realizados para obtener g , se obtuvo el valor esperado?
¿Por qué?
- ¿Qué diferencias hay entre el experimento de laboratorio y las simulaciones hechas en el PHUN?
- Es muy importante notar que el movimiento de los cuerpos es independiente de la masa en ausencia de aire, y NO lo es en presencia de aire (debido al rozamiento y al empuje). Relacionar este hecho con el descubrimiento de Galileo sobre la caída de los cuerpos, y con la visión de Aristóteles sobre el mismo tema. Para complementar este tema, En el applet http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/Applets/ProjectileMotion/jarapplet.html se puede ver la diferencia en el tiro oblicuo, con y sin rozamiento. En particular, en ausencia de rozamiento la trayectoria es independiente de la masa.

Este hecho se puede enfatizar aún más viendo el video

<http://www.hq.nasa.gov/alsj/a15/a15v.1672206.mov>

donde se puede ver a un astronauta lanzando una pluma y un martillo en la Luna (en el Apéndice 2 incluimos una traducción de lo que dice el astronauta).

Actividad 2. Cuerpos en caída libre en fluidos viscosos: velocidad límite

Se plantea analizar el comportamiento de distintos objetos en caída libre, inmersos en un fluido, a partir del Applet que se encuentra en

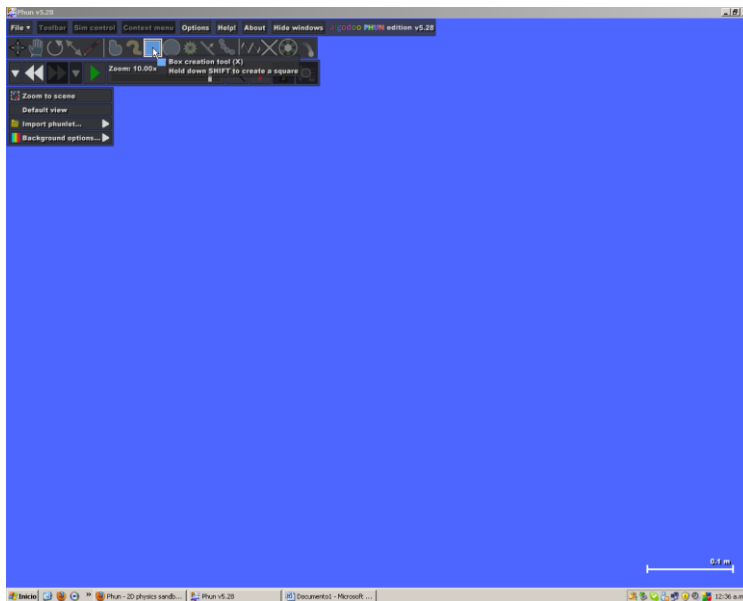
<http://www.sc.edu/sbweb/fisica/dinamica/stokes/stokes.html>.

Nuevamente sugerimos que los alumnos trabajen individualmente. En este Applet se puede recrear el experimento de un cuerpo cayendo a través de distintos fluidos. También permite ver como es la velocidad del cuerpo a medida que pasa el tiempo y chequear que, si el movimiento dura suficiente tiempo, los objetos llegan a una velocidad límite.

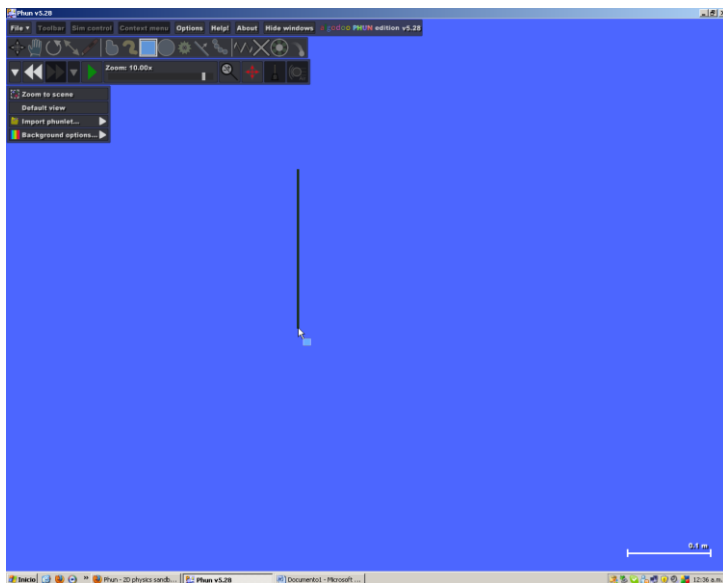
Finalmente se presenta un ejemplo de un paracaidista en caída libre en un medio viscoso para observar cómo el comportamiento de la velocidad dependiendo del momento de apertura del paracaídas. El Applet se encuentra en:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/paracaidista/paracaidista.html>.

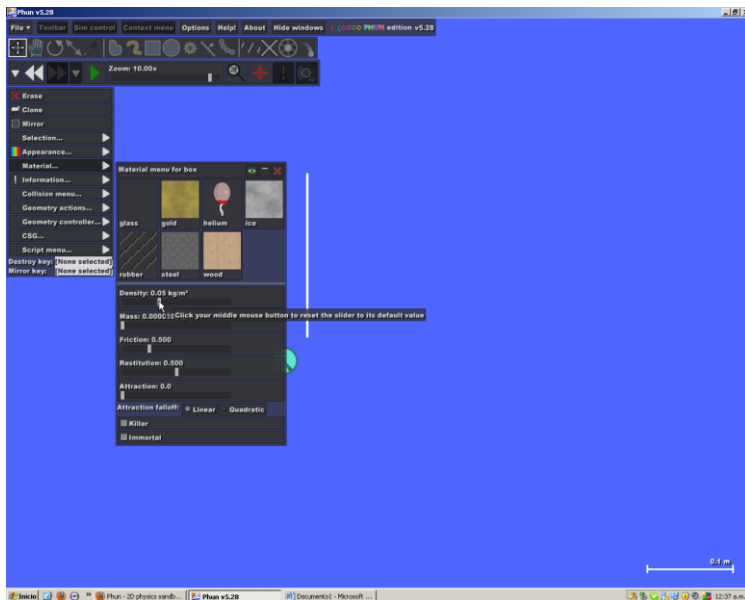
Apéndice 1: Guía para crea la escena del péndulo en el PHUN.



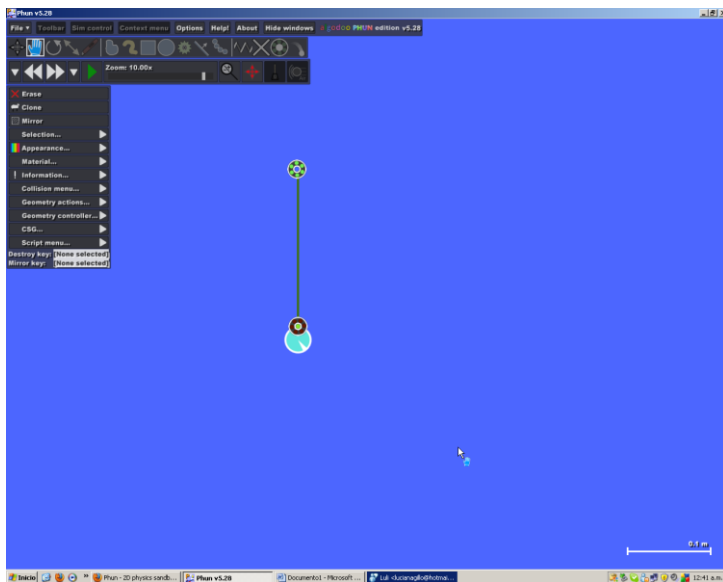
Crear una caja angosta de la longitud deseada para simular la cuerda del péndulo.



Es recomendable crearla con una longitud que podamos estimar con la escala en el margen derecho. Luego crear un círculo y modificar su densidad y masa, al igual que la de la “cuerda”. Para la medición de g , es recomendable que la masa del círculo sea al menos 20 veces mayor que la de la cuerda.



Agregar hinges (bisagras) pasa sujetar el extremo superior de la cuerda a un punto fijo y el inferior a la esfera. En la opción de la bisagra inferior, activar el botón que dice auto-brake, lo que va a hacer que se mantenga fija.



Finalmente, darle una condición inicial y medir el periodo con un cronómetro. En las simulaciones puede agregarse o quitarse tanto la gravedad como el rozamiento con el aire. Además es posible cambiar la velocidad con la que transcurre la simulación en Options>Simulation>Simulation Speedy, esto podría facilitar la medición del período si luego se multiplica el valor obtenido por el factor que se modifico la velocidad.

Apéndice 2

Traducción de lo que dice el astronauta en la Luna:

Scott:-Bien, en mi mano izquierda tengo una pluma y en la derecha un martillo. Y supongo que una de las razones por la que estamos hoy aquí es por un caballero

llamado Galileo, porque hace mucho tiempo hizo un importante descubrimiento sobre los cuerpos que caen en un campo gravitatorio. Y pensamos que la Luna sería el mejor lugar para confirmar sus ideas.

Scott:-*Ahora lo intentaremos para que lo veas. Concretamente, la pluma es de un halcón, una pluma de halcón de nuestro Halcón Ahora soltaremos los dos a la vez y, esperemos, llegarán al suelo a la vez. (Pausa)*

[Scott sostiene la pluma y el martillo con el pulgar y el índice de sus manos izquierda y derecha, respectivamente. Suelta el martillo y la pluma simultáneamente. El martillo y la pluma llegan juntos al suelo prácticamente a la vez].

Scott:-*¡Qué te parece!*

Scott:-*Lo que demuestra que las ideas de Galileo eran correctas.*

Julian Dajczgewand, Mariano Poisson, Diego Mazzitelli