

CURSO INTERACTIVO DE FÍSICA EN INTERNET: DINÁMICA DE LOS SISTEMAS DE PARTÍCULAS

Ángel Franco G.*

Resumen

En este artículo se describen varias simulaciones pertenecientes al capítulo Dinámica de un Sistema de Partículas del Curso Interactivo de Física en Internet. Con ellas, se pretende que los estudiantes se familiaricen con los conceptos de sistema, centro de masa, fuerzas exteriores e interiores, trabajo y energía del sistema de partículas.

Abstract

In this article we describe four simulations concerning a system of two interacting particles. With these java-applets, embedded into the web-pages of an Interactive Physics Course, we intend to help the students to understand the following concepts: system of particles, center of mass, internal and external forces, work and energy of the system.

Introducción

Las Nuevas Tecnologías de la Información tienen la potencialidad de mejorar sustancialmente la educación ofreciendo nuevas oportunidades para el aprendizaje. Internet proporciona acceso a una gran cantidad de información en forma de cursos, artículos, almacenada en bases de datos, etc.

Los estudiantes, gracias a la continua disposición de los materiales presentes en Internet, podrán estudiar en aquellos contextos y horarios que se ajusten más a sus necesidades. El aprendizaje ya no se va a limitar a un lugar, un tiempo y una infraestructura.

Un aspecto relevante en Internet es la búsqueda de información; los otros, no menos importantes, son la posibilidad de colaborar, compartir y en general, de comunicarse por medio del correo electrónico, los foros de discusión, y otros medios que se vayan poniendo a disposición de estudiantes y profesores.

Nuestra contribución ha sido un Curso de Física⁽¹⁾, cuya principal característica es la interactividad proporcionada por los applets insertados en sus páginas web.

El proceso de creación de los contenidos interactivos comienza con la búsqueda de situaciones que ilustren leyes físicas y principios fundamentales, particularmente aquellas que puedan enunciarse de forma concisa y que puedan visualizarse fácilmente. Sería estupendo que además, pudiesen estimular la discusión entre estudiantes y motivarles al estudio de la Física.

Los contenidos se estructuran de modo que los conceptos básicos forman las columnas vertebrales ramificadas y entrelazadas en las que un mismo concepto se estudia en múltiples contextos, o diferentes conceptos se emplean para analizar una situación física particular.

Los objetivos que nos han guiado en el proceso de creación han sido:

1. Explicar conceptos "difíciles", haciendo uso de representaciones gráficas y/o animadas que ayuden a los estudiantes a desarrollar imágenes que den un significado a las ecuaciones que describen el fenómeno que se estudia.
2. Exponer temas relevantes no tratados por

(*) Dptol. Física Aplicada / Universidad del País Vasco / Avda. Citadela Nº 99, 48940 Eibar (Guipúzcoa) España / E-mail: wupf@gaia3.scn.ehu.es
(1) www.scn.ehu.es/efwweb/fisica/default.htm

los libros de texto, u otros temas que se han enfocado desde una perspectiva diferente a la habitual.

3. Promover la resolución de problemas, sustituyendo el enunciado tradicional en forma de texto y figuras estáticas por programas interactivos.

4. Crear un laboratorio virtual, que no pretende sustituir al laboratorio escolar, sino complementarlo.

El Curso Interactivo de Física en Internet es muy extenso y trata todos los temas que se imparten en un Curso de Física General, excepto la Óptica. Para ilustrar algunas de sus características nos ceñiremos a una parte del capítulo de Dinámica que estudia los sistemas de partículas.

Dinámica de los sistemas de partículas

Todos los sistemas físicos constan de un número variable de partículas que interaccionan unas con otras y con el exterior al sistema. El estudio de la Dinámica de los Sistemas de Partículas se limita habitualmente, a enunciar los principios de conservación y aplicarlos a algunas situaciones como los choques entre partículas. Hay pocos ejemplos relevantes que ayuden a los estudiantes a reconocer:

- Cuáles son las fuerzas interiores o de interacción entre las partículas del sistema.
- Cuáles son las fuerzas exteriores que actúan sobre cada una de las partículas.
- Qué fuerzas determinan el movimiento de cada una de las partículas.
- Qué fuerzas determinan el movimiento del centro de masa del sistema de partículas.

Sistema formado por dos partículas unidas por un muelle elástico

Se dedican tres páginas web al estudio de un sistema formado por dos partículas unidas por un muelle elástico. El movimiento de cada partícula está determinado por la acción de las fuerzas exteriores y de la fuerza de interacción de la otra partícula del sistema sobre la partícula considerada. Se combinan las dos ecuaciones del movimiento para obtener:

• La ecuación del movimiento del centro de masas del sistema, que se mueve como si fuera una partícula de masa igual a la total del sistema bajo la acción de la resultante de las fuerzas exteriores.

• El movimiento relativo de las dos partículas, que depende solamente de la fuerza interior o de interacción entre las dos partículas.

Estas dos ecuaciones son fácilmente integrables, y nos permiten obtener la posición y velocidad de cada una de las partículas en función del tiempo. Otros aspectos importantes que se consideran son:

1. La ley de conservación de la energía que se aplica en dos casos: Cuando el sistema es aislado o la fuerza exterior no realiza trabajo alguno, y cuando las fuerzas exteriores son conservativas
2. La relación entre impulso de las fuerzas exteriores y la variación del momento lineal del sistema.

En el primer ejemplo⁽²⁾, el sistema en posición vertical se mantiene colgado a una altura sobre el suelo y a continuación, se suelta [Glaister, 1993]. Se observa las oscilaciones de las dos partículas a medida que van cayendo, y el movimiento uniformemente acelerado del centro de masas, tal como puede verse en la figura 1. En la parte derecha, se representa las posiciones de las partículas y del centro de masa en función del tiempo.

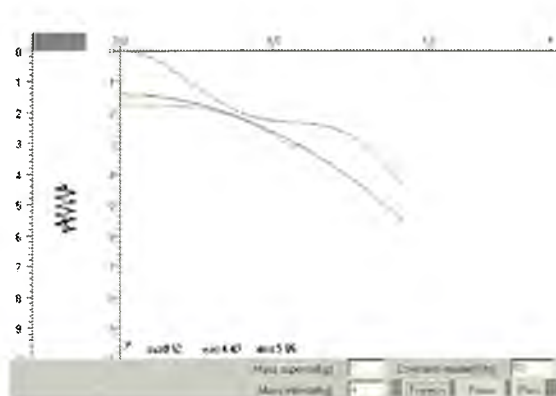


Figura 1. Sistema formado por dos partículas unidas por un muelle elástico en posición vertical.

En el segundo ejemplo⁽³⁾, el muelle está en posición horizontal. Una de las partículas está

(2) www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/com_mineal/cm/cm.htm

apoyada en una pared vertical. Se comprime el muelle y se suelta. La figura 2 es una imagen tomada de un applet en el que se representa de forma animada, el movimiento del sistema, a la vez que se traza una gráfica de la posición de las partículas y del centro de masa en función del tiempo. Se observa que el movimiento consta de dos etapas:

1. El sistema no es aislado, mientras la pared ejerce una fuerza sobre la partícula de la izquierda.
2. El sistema es aislado, cuando esta partícula deja de estar en contacto con la pared.

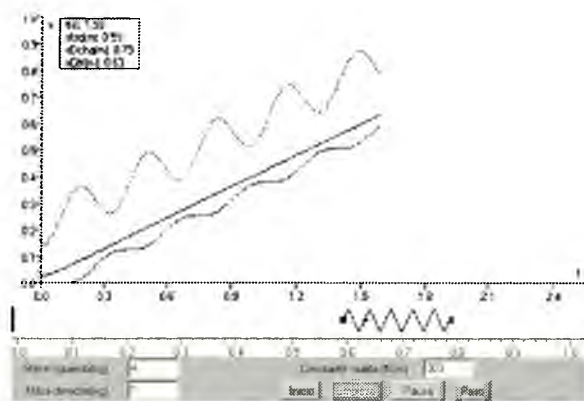


Figura 2. Sistema formado por dos partículas unidas por un muelle elástico en posición horizontal.

En el tercer ejemplo⁽⁴⁾, se estudia el movimiento de las dos partículas cuando el muelle está en posición vertical e inicialmente comprimido contra el suelo [Dufresne, Gerace, Sprinbok, 2001]. Es una situación algo más compleja, pero nos permite analizar un modelo simple que describe las características esenciales del salto hacia arriba.

En la figura 3, se muestra de forma esquemática la evolución temporal de un salto. El saltador parte de la posición erguida, hace un movimiento hacia abajo flexionando las rodillas y salta. La energía de los músculos en tensión se convierte primero en energía cinética y a continuación, en energía potencial cuando el saltador alcanza la máxima altura.

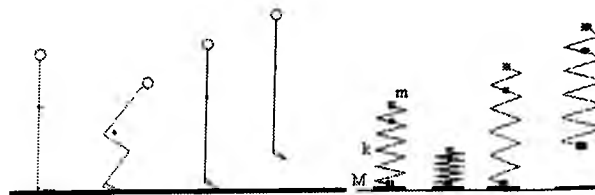


Figura 3. Modelo de salto vertical

El modelo simple de saltador consiste en dos partículas de masas m (superior) y M (inferior) unidas por un muelle elástico de constante k en posición vertical.

Choque inelástico de duración finita

Se plantea frecuentemente en Física el siguiente problema de choque completamente inelástico, esquematizado en la figura 4.

Una bala de masa m y velocidad v choca contra un bloque de masa M en reposo. La bala queda empotrada en el bloque. Calcular la velocidad v_f del conjunto formado por el bloque y la bala después del choque.



Figura 4. Choque inelástico de una bala y un bloque

Para resolver el problema, suponemos que el sistema formado por la bala y el bloque es aislado y aplicamos el principio de conservación del momento lineal.

$$mv = (m+M)v_f$$

Una vez calculada la velocidad final v_f se procede a hallar la diferencia entre la energía cinética de las partículas antes y después del choque.

Los estudiantes habitualmente, se limitan a aplicar el principio de conservación sin entender el proceso físico. En la página web se incluye un applet, véase la Figura 5, en el que se visualiza el movimiento de la bala y el bloque. Observamos que la bala, a medida que va

(3) www.sc.edu/esroweb/fisica/dinamica/com_mlineal/cm1/cm1.htm
(4) www.sc.edu/esroweb/fisica/dinamica/com_mlineal/cm2/cm2.htm

penetrando en el bloque, disminuye su velocidad a la vez que aumenta la del bloque hasta que ambas se igualan [Donnelly, Diamond, 2003].

Tenemos un sistema formado por dos partículas que interactúan entre sí. Esta interacción se describe en términos de una fuerza constante que se opone al movimiento de la bala y favorece el movimiento del bloque. El sistema en conjunto es aislado, y su centro de masas se mueve con velocidad constante.

Estudiamos los cambios energéticos, cómo la fuerza de interacción realiza un trabajo negativo que disminuye la energía cinética de las partículas del sistema.



Figura 3. Choque inelástico de duración finita

Aspectos pedagógicos

Los estudiantes tienen la percepción de que la Física trata de situaciones ideales alejadas de la realidad: superficies lisas, hilos inextensibles, poleas de masa despreciable, sólidos rígidos, colisiones instantáneas, etc.

Es importante describir mediante modelos sencillos situaciones cercanas a la vida diaria, ya que motivan al estudiante. Sin embargo, estas situaciones son habitualmente muy complejas ya que dependen de la interrelación de varios parámetros, por lo que su análisis detallado está fuera del alcance de los estudiantes de un Curso de Física General.

Algunas de las situaciones descritas en este artículo son complicadas para algunos estudiantes; otras, como el choque inelástico, son más sencillas de comprender. El propósito del

Curso Interactivo de Física es el de complementar las clases presenciales y los libros de texto habituales, proporcionando ejemplos de distinto grado de dificultad. Todos los estudiantes no tienen que trabajar sobre la misma materia y al mismo tiempo, pueden seguir rutas distintas dependiendo de su grado de interés y preparación.

Una ventaja de las páginas web, es la posibilidad de poder insertar programas interactivos (applets) que nos permiten visualizar el fenómeno, cambiar los valores de los parámetros que lo describen y observar su comportamiento. Otra ventaja, es la de disponer de múltiples representaciones del mismo fenómeno, y la posibilidad de relacionar unas con otras. Una representación gráfica y animada del comportamiento del sistema en el applet, al lado de su descripción en la página web, empleando texto, fórmulas y figuras. En cada applet a su vez, tenemos:

- Una descripción dinámica, observando las fuerzas y su efecto sobre el movimiento de las partículas.
- El estudio energético, la relación entre el trabajo y la variación de energía del sistema de partículas.

Consideraciones finales

En el Curso de Física se estudian de forma interactiva numerosos ejemplos inspirados en artículos publicados en prestigiosas revistas, como: *American Journal of Physics*, *European Journal of Physics*, *Physics Education*, *Physics Teacher* y la *Revista Española de Física*.

Se ha realizado una búsqueda intensiva de artículos que describan situaciones que ilustren leyes físicas y principios fundamentales. Nuestra tarea ha sido la de transformar en páginas web interactivas artículos recientes y también, otros olvidados en las estanterías de las Bibliotecas Universitarias, y facilitar la comprensión de los mismos a lectores no familiarizados con la literatura científica y con el idioma (la mayoría en inglés).

Nuestra experiencia en la impartición de Cursos sobre la aplicación de las Nuevas Tecnologías de la Información a la Enseñanza de la Física, nos enseña que los profesores desean adaptar los contenidos educativos a su forma personal de enseñar y a las características de sus alumnos. Por otra parte, Internet supone un cambio

importante en la forma en la que los materiales destinados a la enseñanza se pueden diseñar, desarrollar y suministrar a las personas interesadas.

Siguiendo el paradigma de la Programación Orientada a Objetos, el diseñador puede crear componentes (learning objects [4]) que los profesores pueden reutilizar en distintos contextos. Uno de los componentes preferidos son los applets, por su grado de interactividad; otros, pueden ser fotografías, dibujos, animaciones simples, pequeñas secuencias de video, o incluso componentes complejos como páginas web completas.

La composición es la yuxtaposición espacial y temporal de componentes. Ahora bien, cualquier composición puede no ser válida desde el punto de vista educativo y llevar al fracaso. Por lo que es necesario tener unos principios pedagógicos, que nos permitan formular con claridad los objetivos educativos que se pretenden conseguir y los medios para alcanzarlos. ■

Bibliografía

Donnelly D., Diamond J. Slow collisions in the ballistic pendulum: A computational study. *Am. J. Phys.* 71 (6) June 2003, pp. 535-540.

Dufresne R., Gerace W., Leonard W. Springbok: The Physics of jumping. *The Phys-ics Teacher* Vol 39, February 2001, pp. 109-115

Glaister. Oscillations of a falling spring. *Phys. Educ.* V-28 (5) 1993, pp. 329-331

<http://reusability.org/read>

