

El Curso Interactivo de Física en Internet. Los problemas y sus soluciones.

Ángel Franco García.
Dpto. Física Aplicada I. Universidad del País Vasco.
e-mail : wupfrgaa@sc.ehu.es

Resumen :

La resolución de problemas constituye uno de los aspectos esenciales de la enseñanza de la Física. La interpretación de los enunciados constituye, a veces, la principal dificultad con la que se enfrentan unos estudiantes inmersos en la cultura actual de la imagen. A esta dificultad se añade el escaso atractivo que tiene entre ellos la resolución de problemas.

Se les puede ayudar y motivar presentando el enunciado y la solución del problema en forma de programa interactivo o applet insertado en una página web.

Palabras clave:

Física, problemas, interactividad, simulaciones, Internet, applets, páginas web.

1. Introducción

El Curso Interactivo de Física en Internet [1] es un proyecto que pretende mejorar la calidad de la enseñanza de la Física con contenidos y enfoques innovadores, y que está dirigido a los estudiantes de los primeros cursos de las Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingeniería.

Los contenidos del Curso Interactivo son similares a los de cualquier otro curso introductorio: unidades y medidas, cinemática, dinámica, dinámica celeste, sólido rígido, oscilaciones, movimiento ondulatorio, fenómenos de transporte, física estadística y termodinámica, electromagnetismo y mecánica cuántica.

Su propósito inicial es el de complementar la enseñanza tradicional. Los materiales elaborados se podrán usar como apoyo de las clases y de las prácticas del laboratorio.

Con el Curso Interactivo de Física en Internet [1] se ha tratado de aprovechar una de las características más sobresalientes de los ordenadores: la interactividad. El núcleo central del Curso lo constituyen 124 applets, que se han desarrollado hasta el momento de redactar este artículo. Mediante el diálogo interactivo entre el estudiante y el programa se pretende que el estudiante sea un participante activo en el proceso de aprendizaje, en vez de un espectador pasivo.

Los programas interactivos tratan de facilitar la comprensión de las experiencias reales, o bien incrementar el número de experiencias que realizan los estudiantes a lo largo del curso. Las simulaciones, en un amplio sentido, pueden ayudarles a aproximarse a una gran variedad de fenómenos que para ellos son difíciles de comprender desde el punto de vista analítico.

Varios programas se han diseñado para facilitar la comprensión de distintos conceptos físicos como por ejemplo, las características del movimiento ondulatorio armónico, o los conceptos básicos de la mecánica cuántica.

Otros, corresponden a simulaciones de experiencias de laboratorio [3] que se pueden llevar a cabo en el laboratorio escolar, pero no tienen la intención de sustituir a las experiencias reales, sino de preparación a las mismas. Como ejemplo, podemos poner el estudio de los movimientos rectilíneos, el calibre, la medida del coeficiente de rozamiento estático y dinámico, etc.

Ahora bien, la simulación de experiencias de laboratorio es un buen recurso didáctico cuando aquellas son inaccesibles al laboratorio escolar, bien por ser costosas, peligrosas o difíciles de montar. Por ejemplo, algunos applets simulan aparatos como el espectrómetro de masas, los aceleradores de partículas, etc.

También, se han recreado experiencias relevantes desde el punto de vista histórico por ejemplo, las que dieron lugar al descubrimiento del electrón (Thomson y Millikan), de la estructura atómica (Rutherford), de la cuantización de la energía (Hertz), etc.,

2. Una base de datos de problemas

La resolución de problemas forma una parte esencial del aprendizaje de la Física. De hecho, una parte muy importante del horario lectivo de la asignatura se dedica a esta tarea. Los exámenes constan en su mayor parte de ejercicios que los estudiantes han de resolver.

Desde los diálogos socráticos [4], pasando por la enseñanza asistida por ordenador (EAO) [5], hay muchas posibilidades de plantear ejercicios y cuestiones a los estudiantes mediante el ordenador. Salvo en el caso de preguntas de múltiple elección, la principal dificultad con la que se enfrenta el programador es la de evaluar el planteamiento del problema, la verificación de la respuesta dada por el estudiante y la de proporcionarle la asistencia necesaria cuando los pasos que sigue o la respuesta no es la correcta.

Una de las iniciativas que se tomaron para completar el Curso Interactivo de Física fue la de elaborar una base de datos [6] con los enunciados de los problemas que a lo largo de varios años se han propuesto a los estudiantes de primer curso en la E.U.I.T.I. de Eibar como ejercicios para resolver en clase, en casa o en los exámenes. El estudiante, véase la figura 1, puede seleccionar un problema de un determinado capítulo y se le presentan dos opciones pulsando el botón correspondiente: el resultado o la solución completa. Como ayuda, se dispone de enlaces a la “teoría”, es decir, a las correspondientes páginas del Curso Interactivo de Física.

Se completaron dos capítulos: la estática y la cinemática. Sin embargo, esta iniciativa no ha despertado excesivo interés entre los estudiantes y profesores que han visitado la web del Curso de Física.

Existe un problema adicional, las fórmulas matemáticas se convierten en archivos de imágenes .GIF cuando se guarda un documento como archivo HTML. No se pueden hacer modificaciones en los archivos de imagen, por lo que se ha de conservar el documento original si se desea hacer algunos cambios después de un cierto tiempo. Este inconveniente podrá ser paliado cuando aparezca el Mathematical Markup Language, una extensión del HTML para publicar fórmulas matemáticas en la web.

Los enunciados, las soluciones y las respuestas no dejan de ser contenidos estáticos, similares a los que se pueden encontrar en un libro o en unos apuntes. Como se ha mencionado más arriba la característica más sobresaliente de los ordenadores es la interactividad y en este sentido, se han volcado los esfuerzos del autor de este artículo.

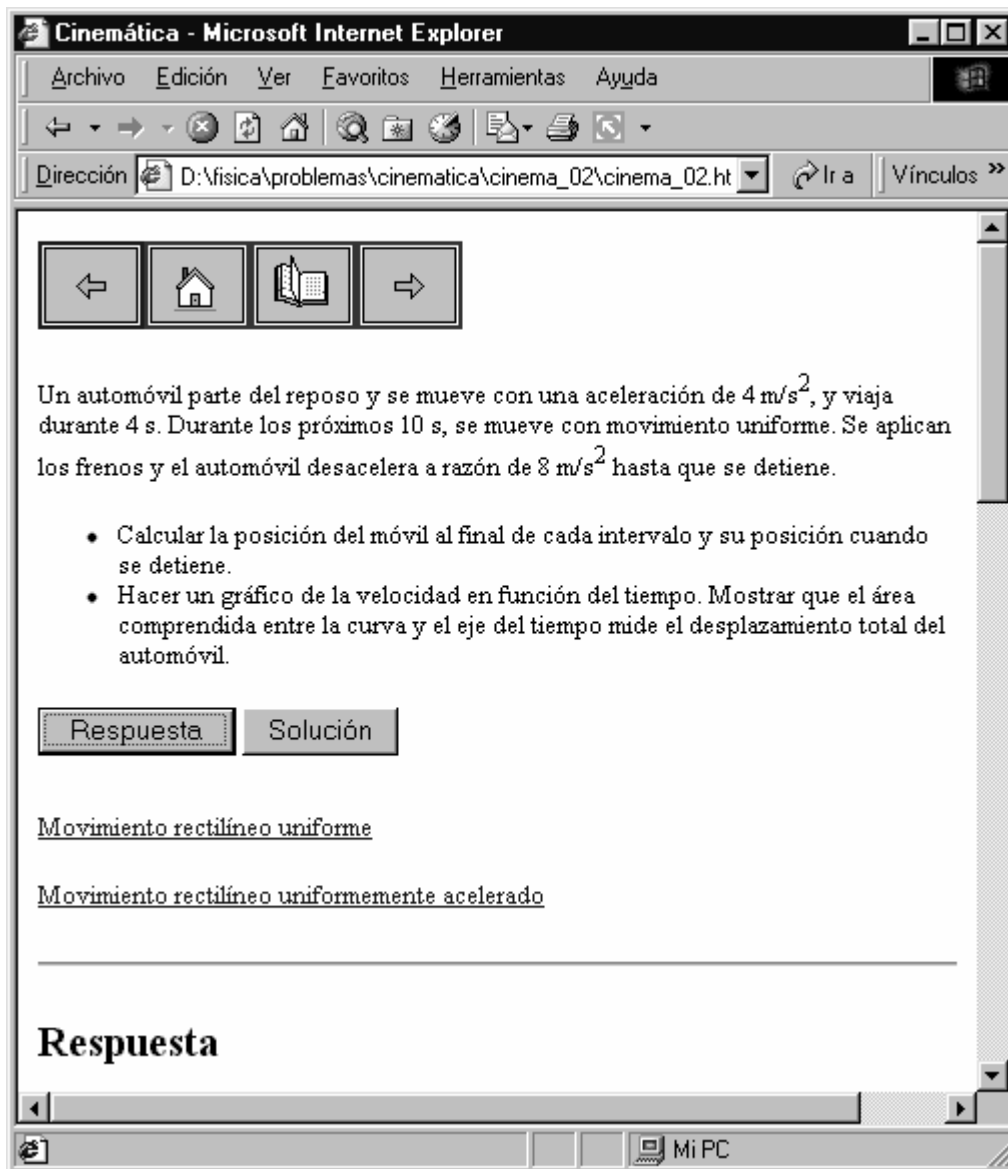


Figura 1.- Una base de datos de enunciados de problemas

3. Los problemas y los applets

En esta sección, vamos a ver algunos ejemplos de programas interactivos que corresponden a enunciados de problemas habituales en un curso de Física general.

Un problema típico de movimiento de partículas cargadas en un campo electromagnético es el siguiente:

El campo eléctrico entre las placas de un selector de velocidades de un espectrómetro de masas de Brainbridge es de 120000 N/C y el campo magnético en el espectrómetro y en el selector es de 8000 gauss (0.8 T). Un haz de iones de neón con carga $+e$ se mueve en una trayectoria circular de 7.8 centímetros de diámetro en el campo magnético. Determinar la masa del isótopo de neón.

En el programa interactivo el estudiante puede elegir un elemento (hidrógeno, helio, oxígeno, neón, carbono, etc.) de una lista de elementos, establece los valores de la intensidad del campo eléctrico en el selector de velocidades y del campo magnético de modo que los radios de las semicircunferencias que describen los isótopos se puedan medir adecuadamente sobre un escala graduada en cm. Se le pide al estudiante que calcule la masa en unidades atómicas de cada uno de los isótopos, que podrá comparar con los resultados proporcionados por el programa interactivo al pulsar el botón titulado Respuesta, véase la figura 2.

El applet está insertado en una página en la que se describe el funcionamiento del espectrómetro de masas, y está enlazado con otra página en el que se explica el funcionamiento de un selector de velocidades.

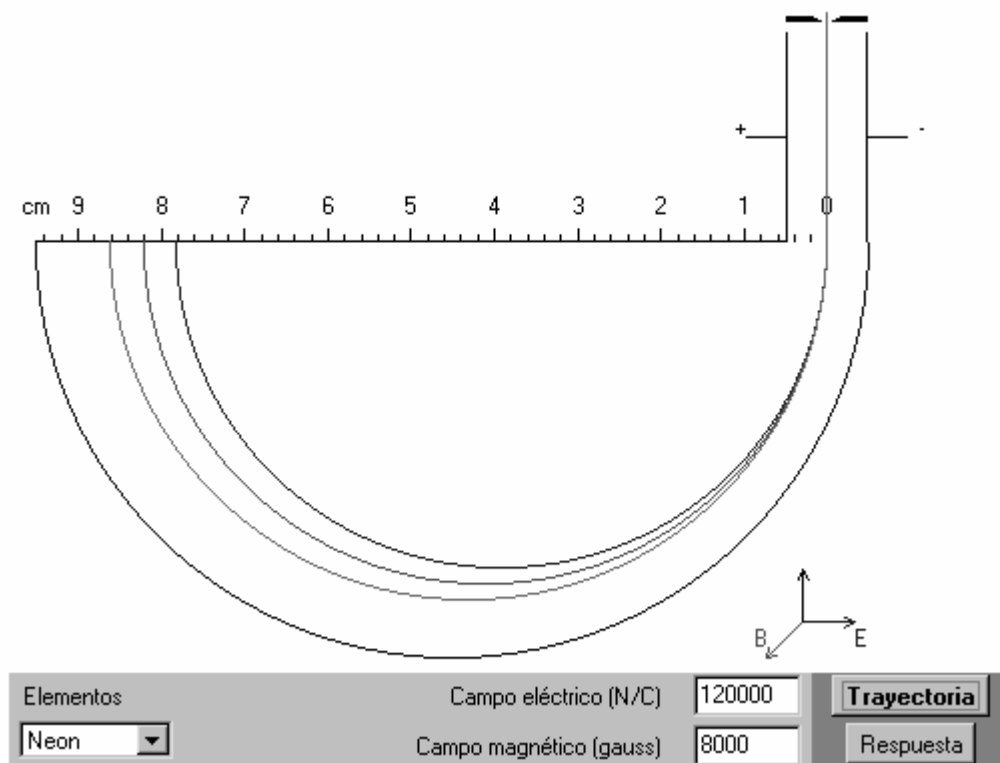


Figura 2.- El espectrómetro de masas

El bucle, figura 3, es un problema típico de un curso de Física general, ya que incluye la dinámica del movimiento rectilíneo, la dinámica del movimiento circular (en el bucle), el concepto de trabajo y de energía mecánica.

Sin embargo, muchos estudiantes tienen dificultades en interpretar no solamente el enunciado sino incluso la figura, ya que algunos creen inicialmente que el bucle es una rueda que baja rodando por el plano inclinado.

Se ha diseñado un applet que muestra una situación muy próxima a la real, para que el estudiante experimente con el programa. Se le puede estimular para que resuelva el problema proponiéndole que determine la deformación del muelle para que el bloque se pare en la posición señalada por el cuadro de color azul, que representa la meta o punto de llegada sobre el plano inclinado. Dicha posición la establece el programa de forma aleatoria dentro de ciertos límites.

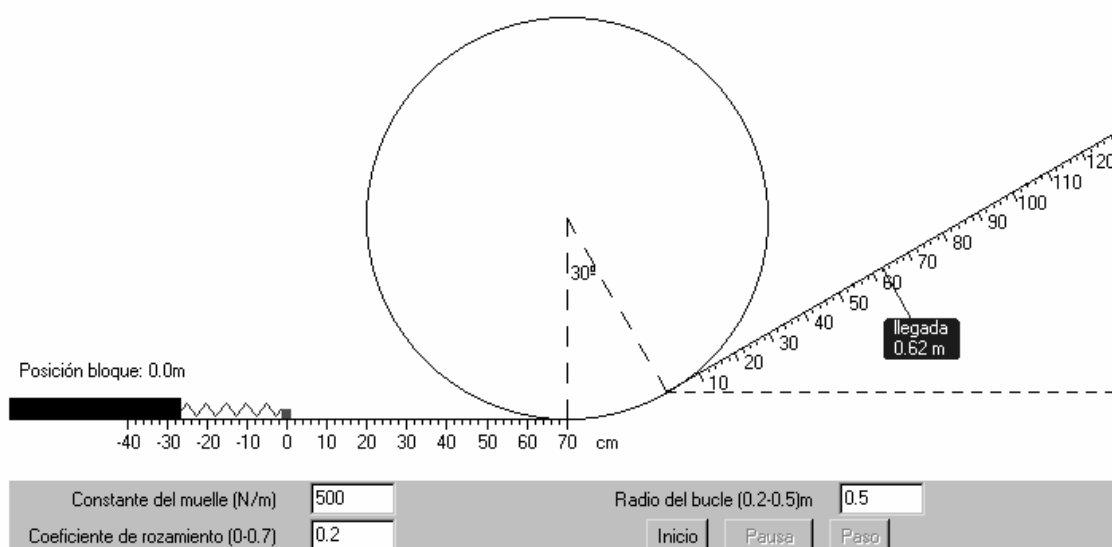


Figura 3.- El bucle

El programa cumple otros objetivos. Así, los estudiantes se podrán dar cuenta que el móvil tiene que tener una velocidad superior a una mínima en el punto más alto del bucle para que pueda describir un movimiento circular, lo que no es completamente entendido por todos.

El enunciado presentado de esta forma tiene la ventaja de que el estudiante ve el fenómeno físico antes de ponerse a resolverlo, puede analizar el problema a partir de la observación de las distintas etapas del movimiento del cuerpo.

Esta aproximación puede hacer disminuir la tendencia de una proporción importante de estudiantes a memorizar las soluciones de los problemas que el profesor plantea y corrige en la pizarra.

El enunciado es visual y abierto por que el estudiante puede fabricarse su propio sistema físico: introducir la constante elástica del muelle, el coeficiente de rozamiento en los planos horizontal e inclinado, y el radio del bucle.

Finalmente, cuando el móvil describe el bucle y se detiene en el plano inclinado se le está proporcionando la respuesta al problema con unos datos concretos. Por otra parte, el applet que describe el enunciado del problema no está aislado sino insertado en una página web en la que se explican detalladamente las distintas situaciones que puedan producirse.

Existen también, varios programas interactivos que combinan la explicación de los aspectos teóricos con la resolución de problemas. Por ejemplo, la descripción del movimiento de caída de los cuerpos o del movimiento curvilíneo bajo la aceleración constante de la gravedad. El estudiante puede introducir la velocidad inicial del móvil y la altura inicial, y observar el movimiento. Puede parar la animación cuando el móvil alcance la altura máxima o impacte con el suelo, y verificar que los resultados que ha obtenido resolviendo numéricamente el problema coinciden con los que le proporciona el programa interactivo.

4. Problemas-juego

Los problemas-juego se pueden resolver con la ayuda de la intuición y del conocimiento que va adquiriendo el estudiante del sistema físico tras sucesivos intentos. Posteriormente, se le pedirá resolverlos aplicando las ecuaciones que describen dicho sistema y a partir de los datos que se proporcionan.

En general, el propósito de los problemas-juego es el de hacer una Física más divertida y estimular al estudiante en la resolución de problemas.

Cabe resaltar que la intuición que tienen los estudiantes de una determinada situación física no está relacionada completamente a su conocimiento de la teoría o su éxito en la resolución numérica de los problemas. Hay estudiantes que no obtienen buenas calificaciones pero que captan rápidamente la situación física y obran en consecuencia.

Los aspectos intuitivos son poco frecuentes en la enseñanza tradicional, pero se han tratado de potenciar en el Curso Interactivo de Física.

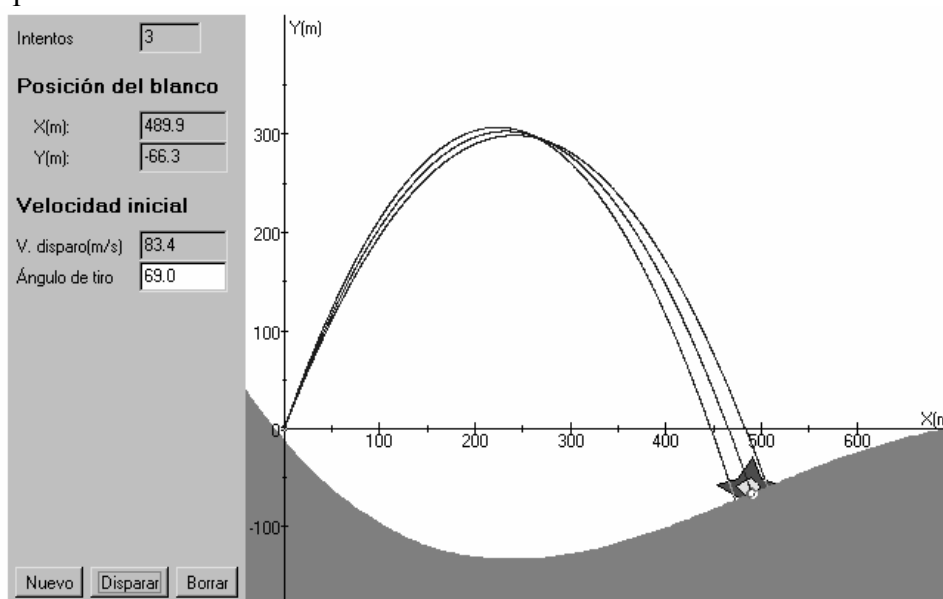


Figura 4.- Disparando sobre un blanco fijo

El applet de la figura 4, corresponde a un problema típico de cinemática: hallar el ángulo o ángulos de tiro que impactan sobre un blanco fijo. Se proporciona la velocidad de disparo y las coordenadas del blanco.

El programa determina de forma aleatoria la posición del blanco sobre un terreno irregular y proporciona la velocidad de disparo. Se tratará de acertar en el blanco en el menor número de intentos posibles. A veces, los estudiantes descubren con sorpresa que hay dos posibles soluciones a este problema.

Finalmente, se les pide resolverlo numéricamente y comparar la solución obtenida con la proporcionada por el programa interactivo.

5. Problemas cercanos a la realidad cotidiana.

El juego del baloncesto es un deporte popular, así lo prueba la expectación ante partidos importantes, o las horas de programación dedicadas a este deporte en la televisión. Además, casi todos los centros escolares cuentan con campos reglamentarios o canastas improvisadas donde los alumnos pueden ensayar los tiros.

Ahora bien, la mayor parte de los aficionados no conoce los factores de los que depende la probabilidad de enceste en los tiros frontales a canasta desde una posición dada, si es mejor tirar por lo alto o por lo bajo, el papel de la elasticidad del balón, la altura del jugador, etc.

Se ha dedicado un conjunto de páginas web a explicar algunas situaciones descritas en el libro Problemas de Física General en un año olímpico [7] y otras adicionales. La diferencia con el libro es que se ha sustituido las figuras por programas interactivos o applets.

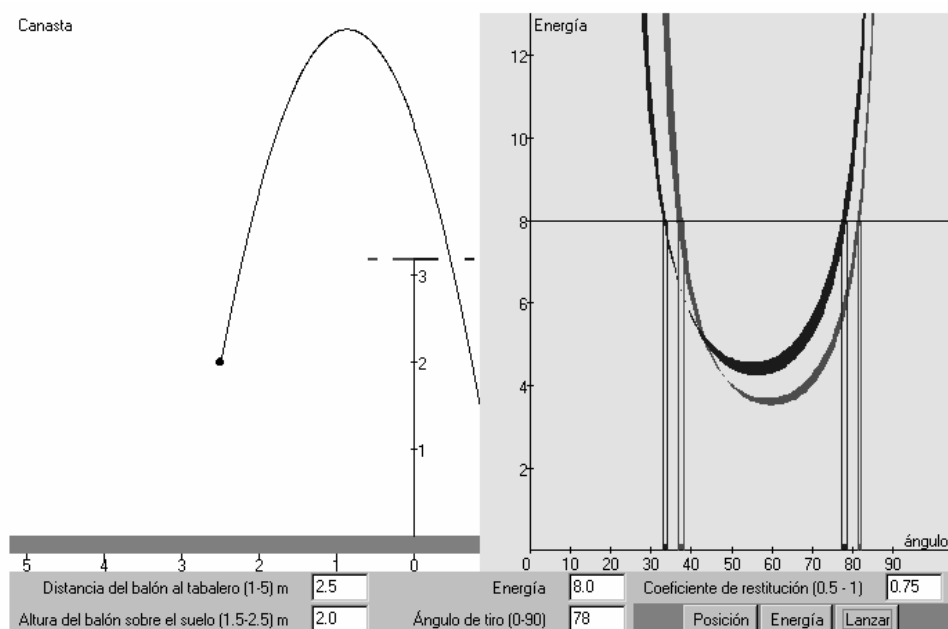


Figura 5.- Lanzamiento considerando el efecto del tablero

Como se explica en las páginas web, el efecto del tablero es como el de un espejo, por lo que se puede introducir el balón a través de dos aros: el aro real (en color rojo) y el aro imaginario (en color azul) situado detrás del tablero, véase la figura 5. Las regiones sombreadas a la derecha en la figura, indican los posibles ángulos de tiro que encestan el balón para cada valor de la energía (o velocidad inicial de lanzamiento). Las proyecciones sobre el eje horizontal indican los intervalos angulares que dan lugar a enceste para una energía cinética del balón de 8 unidades en el momento del lanzamiento.

A la izquierda, se muestra la trayectoria descrita por un balón que se introduce en el aro imaginario para un ángulo de 78° .

El estudiante puede entender esta situación física a partir únicamente de las ecuaciones del tiro parabólico, e investigar cual es la mayor probabilidad de enceste en las distintas situaciones y todas sus posibles combinaciones:

- Tiros próximos al tablero y tiros alejados
- Jugador alto o bajo
- Trayectorias del balón altas o bajas
- Balón con coeficiente de restitución grande o pequeño.

A continuación, podrá contestar a las siguientes preguntas de una forma cualitativa

1. ¿Se encesta mejor con un balón muy hinchado (alto coeficiente de restitución) o uno menos hinchado (bajo coeficiente de restitución)?
2. ¿Tienen ventaja los jugadores altos sobre los bajos en el juego del baloncesto?
3. ¿La mayor probabilidad de enceste corresponde a las trayectorias altas o a las bajas?
4. ¿En qué situaciones sólo es posible encestar mediante trayectorias altas?
5. ¿En qué situaciones le conviene al jugador precisar el ángulo de tiro?
6. ¿En qué situaciones le conviene al jugador precisar la energía (velocidad inicial) de lanzamiento?

6. Interacción estudiante-profesor

La publicación de contenidos educativos tiene la ventaja de que el proceso de enseñanza-aprendizaje se extiende más allá del ámbito del aula y del horario lectivo. Estos contenidos pueden ser vistos por cualquier estudiante situado en cualquier parte del mundo que tenga un ordenador conectado a Internet.

El correo electrónico es el medio primordial de interacción a distancia entre el estudiante y el profesor. De los recibidos diariamente preguntando alguna cuestión o dando la opinión sobre el Curso Interactivo de Física en Internet, se ha seleccionado uno que proviene de una estudiante argentina que solicita ayuda para resolver un problema.

From maby@movi.com.ar Thu Dec 16 10:31:03 1999
Date: Sat, 11 Dec 1999 02:37:53 -0300
From: maria alejandra balmaceda <maby@movi.com.ar>
To: wupfrgaa@sc.ehu.es
Subject: problema

por favor
si me pueden decir como se resuelve este problema: un cuerpo de masa $m=1\text{kg}$ comprime un resorte de constante elástica $k=10000\text{N/m}$
¿cual debe ser la minima compresión del resorte para que al ser liberado dispare al cuerpo sobre el rizo de radio $R=1\text{m}$ y describa una circunferencia completa. Despresiar la resistencia al deslizamiento y suponer que las dimensiones del cuerpo son despresiables frente al radio R del rizo.

se los agradecere muchisimo
Maria Alejandra Balmaceda

La respuesta del profesor, proporciona únicamente la dirección de la página del Curso Interactivo de Física que contiene el applet que describe el enunciado de esta clase de problemas, véase la sección 3.

From wupfrgaa@scox01.sc.ehu.es Thu Dec 16 10:32:43 1999
Date: Mon, 13 Dec 1999 10:32:21 +0100 (MET)
From: Angel Franco Garcia <wupfrgaa@scox01.sc.ehu.es>
To: maria alejandra balmaceda <maby@movi.com.ar>
Subject: Re: problema

Estimada Maria Alejandra

La respuesta al problema la puede encontrar en la dirección

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/bucle/bucle.htm>

Recibe un cordial saludo

Angel Franco García - Universidad del País Vasco (España)

La contestación posterior de la estudiante

From maby@movi.com.ar Thu Dec 16 10:31:36 1999
Date: Mon, 13 Dec 1999 17:31:59 -0300
From: maria alejandra balmaceda <maby@movi.com.ar>
To: Angel Franco Garcia <wupfrgaa@sc.ehu.es>
Subject: RE: problema

Querido Franco
Gracias por tu ayuda me fue de mucha utilidad gracias!!!!!!
Maria Alejandra Balmaceda

7. Conclusiones

En este artículo se ha expuesto una forma de presentar los problemas y sus soluciones: visual, abierta e interactiva, pero de ningún modo incompatible con la forma tradicional de presentar los problemas.

La información necesaria para resolver el problema está en el programa interactivo, no en el texto. Los estudiantes observan el movimiento y aplican los correspondientes conceptos físicos, tomando medidas o conociendo la respuesta antes de resolver el problema numéricamente. Esta aproximación es completamente distinta a la forma tradicional de presentar los problemas.

También, se ha señalado la forma en la que se puede incrementar la escasa motivación que tienen los estudiantes por resolverlos, mediante los denominados problemas-juego y estudiando situaciones cercanas a su vida cotidiana.

8.-Referencias

1. Se accede al Curso Interactivo de Física en Internet en la dirección **www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm**
Proyecto financiado por la CICYT, número de referencia DOC96-2537
2. Franco A. (1999). "Física con ordenador" an Interactive Physics Course on the Internet. Proceedings of CAEE'99 (Computer Aided Engineering Education) Sofía, Bulgaria.
3. Franco A. (1999). La Simulación de Fenómenos Físicos y Experiencias de Laboratorio en Internet. Actas del I Congreso Nacional de Informática Educativa, ConieD'99. Puertollano.
4. Bork, Sherman (1971). A computer-based dialog for deriving energy conservation for motion in one-dimension. American Journal of Physics. Vol 39, nº 2.
5. Hodson (1986). Enseñanza Asistida por Ordenador. Editorial Díaz de Santos.
6. En la dirección de Internet **caos.eis.uva.es/db/problemas/indice.htm** se puede encontrar una base de datos de problemas de Física general.
7. Savirón J. M. (1984). Problemas de Física General en un año Olímpico. Editorial Reverté.