

Laboratorio Virtual para una definición operativa de masa inercial

Lucía E. Arena¹, Miguel A. Ré^{1,2} y María F. Giubergia²

¹Facultad de Matemática, Astronomía y Física – Universidad Nacional de Córdoba

²Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional
arena@famaf.unc.edu.ar, mre@frc.utn.edu.ar y mfergiu@yahoo.com.ar

Resumen

Existen diferentes posturas acerca de la efectividad y eficiencia del uso de los laboratorios virtuales basados en simulación (LVBS) en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El principio considerado en el presente trabajo es que los LVBS cooperan con los procedimientos didácticos tradicionales de enseñanza complementándolos sin suplantarlos. En particular, facilitan el abordaje por parte del docente, y el aprendizaje de conceptos por parte del alumno que, por su complejidad cognitiva o de resolución, requieren la implementación de experimentos complejos o el uso de cálculo avanzado para el nivel educativo de los alumnos. En estos y otros casos, es muy eficiente y efectivo contar con la posibilidad de interactuar con experimentos virtuales que además abren un campo muy amplio al diseño y a la modelación experimental.

En esta comunicación presentamos un diseño de laboratorio virtual para abordar el problema de la definición operativa de masa inercial, un concepto central en Física. A los fines de la experiencia se adaptó un programa de simulación (del proyecto Physlets) desarrollado en JavaScript. El diseño se complementa con una guía de actividades para orientar el trabajo del alumno. Se evaluó el aprendizaje logrado por los alumnos a partir de cuestionarios previo y posterior a la experiencia. Se incluyen los resultados obtenidos.

Palabras claves: simulaciones, física, enseñanza, laboratorio virtual

Introducción

Las nuevas tecnologías permiten redefinir el carácter de los experimentos de laboratorio

con nuevas ventajas y desventajas (Nickelson, et al 2007), en especial para enseñar ciencias fácticas. Así, además de los trabajos prácticos de laboratorio tradicionales (TPLT), se rescatan los trabajos prácticos experimentales virtuales:

a) asistidos por computadora (TPLAC): donde los ordenadores cumplen tanto el rol de instrumento de medición como de sistema de análisis de datos.

b) remotos (TPLR): las computadoras permiten conectarse en forma remota con los instrumentos de medición.

c) laboratorios virtuales basados en simulación (LVBS): en un programa de simulación se rescatan los aspectos esenciales de un fenómeno o proceso.

Cada una de estas formas de abordar los fenómenos experimentales reflejan una metodología de trabajo importante para el avance en el desarrollo de las ciencias y para la enseñanza y el aprendizaje de las mismas. En el caso de los LVBS, que se estudian en este trabajo, proveen un entorno de ensayo más simple que el del laboratorio propiamente dicho.

El abordaje de la Física, como ciencia fáctica requiere del estudio experimental de fenómenos y procesos que son los que fundamentarán los conceptos. Claramente las simulaciones por computadora son aplicaciones de especial interés para enseñar Física porque ellas pueden soportar fuertemente modelos de contorno que involucran conceptos y procesos físicos (Jimoyannis y Komis, 2001).

En experiencias preliminares realizadas con LVBS, trabajando sobre los conceptos de masa inercial y movimiento oscilatorio armónico, se han encontrado resultados muy favorables desde la perspectiva del docente tales como que el laboratorio virtual es menos costoso en tiempo y requerimientos de infraestructura y

permite dedicar un importante tiempo al análisis de resultados finales. Este estudio puede verse dificultado en las metodologías tradicionales: por el cálculo o el análisis matemático complejo en los trabajos prácticos de lápiz y papel. Cabe mencionar además el equipamiento insuficiente en los laboratorios de enseñanza para los cursos de física general.

Además para los alumnos resulta altamente motivador poder confrontar sus conocimientos teóricos a partir de una tecnología que les es muy conocida y de uso diario y que está a medio camino entre lo puramente experimental y la ejercitación en problemas de lápiz y papel.

En la próxima sección describimos brevemente el problema a tratar y los resultados obtenidos desde la perspectiva de la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes.

El LVBS se diseñó siguiendo los lineamientos generales del proyecto marco (Ré *et al.* 2011), presentado en una comunicación simultánea, y se describe a continuación.

Finalmente presentamos los resultados obtenidos en la realización de la experiencia a partir de cuestionarios presentados a los estudiantes antes y después de realizado el trabajo práctico.

El concepto de masa inercial

El concepto de masa inercial es fundamental en la Física, aunque de difícil comprensión por parte de los estudiantes. En estudios realizados sobre las concepciones de los estudiantes (Doménech 1992, Doménech 1993) identifican una visión cualitativa-teleológica del concepto en contraposición a definiciones cuantitativa-formales más ortodoxas propias de la disciplina científica. Claramente su definición o sus definiciones pueden o no facilitar el abordaje en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el ámbito de la Física una magnitud se define a partir del proceso de medición es decir mediante una definición operativa. En Física el concepto primario es el de medición y no el de magnitud física.

Cabe señalar además la confusión habitual

entre masa inercial y peso (o masa gravitatoria). Por lo tanto en el práctico a desarrollar será necesario, y es uno de los objetivos, poner en evidencia esta diferencia a partir del método operacional en la medición.

Trabajo práctico de simulación.

Existe una importante oferta de *software* y de gran variedad (Cova *et al.* 2008) para laboratorios virtuales para diversas disciplinas científicas y en particular para ciencias fácticas como la Física. Para el trabajo presentado se modificó un programa del proyecto Physlets (webphysics.Davidson.edu/applets/applets.html) y se confeccionó la guía de actividades correspondiente. La selección del *software* se ha basado en su compatibilidad con la formulación del problema en consideración y su resolución desde una postura constructivista. También se ha tomado en consideración su diseño en la perspectiva de una conexión interactiva del estudiante (*interactive engagement*).

Aspectos didáctico-pedagógicos.

Desde una perspectiva clásica de la trilogía alumno, docente, contenido, el uso de los LVBS como apoyo didáctico tienen un importante número de beneficios. Algunos de ellos se detallan en la Tabla 1: fundamentalmente apuntan al menor costo en infraestructura y tiempo y a la versatilidad para el diseño y adecuación de las prácticas. Por otro lado una de las dificultades más notables consiste en lo que llamaremos reduccionismo de las prácticas experimentales de laboratorio a las simuladas. Debe siempre considerarse que los LVBS son un soporte alternativo, motivador y versátil para apoyar el aspecto experimental de las ciencias fácticas. Como dificultades destacamos, entre otras, que no permiten desarrollar las habilidades y destrezas en el uso del instrumental de laboratorio aunque facilitan el abordaje y aprendizaje de modelos y estructuras mentales.

Una situación habitual en el *software* disponible es la inclusión de gran cantidad de texto

explicativo con el objetivo de hacerlo autocontenido. En general el desarrollo de estos textos está en la línea de pasos guiados. Sin embargo esta esquema de trabajo no arroja los mejores resultados (Chang 2008). Por tanto consideramos conveniente en general, y así procedimos en este caso, eliminar dicho texto y sustituirlo por una guía de actividades en el esquema centrado en los medios (Esquembre, 2004), en que se plantea al estudiante la resolución de un problema a través de la experimentación. En el apéndice A se adjunta la guía elaborada para la actividad. Si bien se cuenta con mucho *software* para implementar LVBS, no necesariamente

cumple con las condiciones propuestas que faciliten un tratamiento constructivista del tema de interés. Este es otro de los aspectos considerados en el diseño de la guía de actividades.

El software fue sometido a diferentes modelos de evaluación con resultados muy favorables, tanto en la calidad técnica, como en la educativa. En cuanto a lo educativo, aspectos como el contenido, la creatividad, las simulaciones propiamente dichas, y los modelos subyacentes, y los objetivos fueron adecuados para favorecer la construcción de los procesos y conceptos.

Tabla I: ventajas y desventajas de los LVBS desde la perspectiva de la trilogía docente, alumno, contenido

	Docente	Alumno	Objeto de estudio
favorables	El laboratorio virtual es menos costoso en tiempo y requerimientos de infraestructura	Los alumnos pueden modelar con parámetros más fácilmente controlables	Los fenómenos simulados, facilitan el diseño de situaciones problemáticas disciplinares en ciencias con dificultades en la obtención y el análisis de los datos experimentales.
	Son versátiles para el diseño de prácticas constructivas de resolución de problemas experimentales	Resulta altamente motivador poder confrontar sus conocimientos teóricos a partir de una tecnología que les es muy conocida y de uso diario y que está a medio camino entre lo puramente experimental y la ejercitación en problemas de lápiz y papel	Pueden utilizarse como un paso previo, en la etapa del diseño y la conceptualización, a los TPLT
	Permite dedicar un importante tiempo al análisis de resultados	Les permite repetir los experimentos y trabajar a distancia con mayor interacción	
Desfavorable	Es necesario contar con personal especializado para el diseño y/o la adecuación del software	Existe el peligro de olvidar que se simulan fenómenos de la naturaleza con variables controladas	Se pierden los aprendizajes vinculados a la puesta a punto del equipamiento o el desarrollo de habilidades y destrezas del uso del instrumental de laboratorio en los TPLE

Adaptación del *software*.

Una vez seleccionado el programa con el cual trabajar se procedió a su modificación para adaptarlo a los objetivos perseguidos.

Técnicamente el *software* es sencillo, pero con gráficos claros y de fácil interpretación; desarrollados en JavaScript que, dado que se ejecutan en una máquina virtual, pueden utilizarse desde cualquier programa de navegación. Además el tiempo de respuesta es

bueno permitiendo un trabajo interactivo sin mayores inconvenientes. También permite la introducción de botones para la selección de opciones, lo que permitió modificar los modos de ingreso de los valores para la realización de la experiencia.

Se eliminó el texto presente en el programa original, en el esquema de pasos guiados. Se incluyeron los botones necesarios para la operación del programa desde el dispositivo de señalamiento y en una forma más simple.

Tabla 2: resultados del práctico de masa inercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
	ANTES	DESPUÉS
1- Expresar en lenguaje cotidiano los conceptos de masa inercial y de definición operativa (se comparan los puntos A de ambas encuestas).	16%	39%
2- Conocer en forma operativa-procedimental el concepto de masa inercial (se comparan las respuestas correctas previas 2 y 3 y posteriores 2 a-c).	26%	56%
3- calibración-concepto de unidad de medida	39%	62%

Apéndice A.

Guía de trabajos prácticos

Ejercicio de simulación para determinación de masa inercial basado en una colisión explosiva.

Para comenzar con la actividad ingrese en la página de proed (<http://www.famaf.proed.unc.edu.ar/>) al curso de Física General I. Dentro de la sección de INFORMACIÓN GENERAL, ingrese al *link* indicado como “masa”. Una vez en la página de simulación elija la opción 7.10: una colisión explosiva.

1) Reconocimiento de la página.

Utilice algunos minutos para familiarizarse con la página del programa. Podemos reconocer cinco sectores importantes:

a) Inicializar carritos y habilitar botones.

Mediante esta opción se da comienzo o se reinicia la ejecución del programa. Permite cargar los carritos con masas calibradas en proporciones fijas. Los botones marcados con el símbolo “+” permiten cargar los carritos y los botones con el símbolo “-” los descargan. Las masas asociadas a los diferentes colores mantienen una relación fija y cada color corresponde a un valor distinto.

b) Masa aleatoria.

Permite agregar o quitar una masa de valor indeterminado al carrito de la derecha. Esta opción será usada en la segunda parte del ejercicio.

c) Gráficos – 1

Se representan los carritos que van a participar de la colisión explosiva. A ambos costados del dibujo se encuentran los botones que permiten cargar o descargar los carritos con “masas calibradas”. Los colores corresponden a distintos valores de masa que están en proporciones fijas.

d) Gráficos – 2

Se representan gráficamente los resultados de la simulación. La función que se grafica en función del tiempo depende de la opción elegida en la línea inferior. En este práctico trabajaremos con la segunda opción: velocidad vs. tiempo.

e) Línea de opciones.

Permite seleccionar la función a graficar en la simulación. Con el botón derecho del *mouse* ubicado sobre la ventana gráfica puede transferir los resultados de la simulación a una ventana independiente en la que puede leer los valores del registro. A tal fin aumente el tamaño de la ventana y posiciones el *mouse* en el punto cuyas coordenadas quiere determinar. Oprimiendo cualquier botón del *mouse* puede leer las coordenadas en esquina inferior izquierda.

2- Ejercicio – primera parte: calibración del sistema.

a) ¿Son iguales las masas de los carritos? ¿Es simétrico el resultado de la simulación respecto del cambio de carrito?

b) Determine la relación entre las masas disponibles (Roja, Azul, Verde, Amarilla y masa del carrito descargado).

- c) Elija su unidad de masa, asignando valores a las restantes.

3- Ejercicio – segunda parte: determinación del valor de una masa incógnita.

- Agregue una masa incógnita al carrito de la derecha utilizando el botón “agregar” arriba del gráfico.
- Cargue los carritos con las masas conocidas y simule un choque explosivo para determinar el valor de la masa incógnita.
- Puede reconfigurar el sistema con la opción de inicialización. Esto no modificará el valor de la masa incógnita, lo que le permite ajustar los valores hasta conseguir la mejor configuración para la determinación.

4- Ejercicio – tercera parte: determinación de la fuerza media de interacción explosiva.

- A partir de una observación cualitativa de los gráficos que proporcionan las opciones: “momento lineal” y “aceleración” en función del tiempo. ¿qué función describe la fuerza de interacción?
- Calcule la fuerza media que actúa en la explosión en al menos tres configuraciones de carga diferentes. (sugerencia: puede utilizar la tecla “paso>>” para tomar las lecturas necesarias y/o leer las coordenadas en la ventana gráfica).

Concluida la actividad confeccione un informe con los resultados obtenidos.

Agradecimiento

Los autores agradecen el financiamiento de este proyecto a través del PID UTI 970 otorgado por la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias.

- Athanassios Jimoyiannis y Vassilis Komis (2001), “Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion”, *Computers & Education* **36**, 183.
- Ángela Cova, Xiomara Arrieta y Víctor Riveros (2008), “Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo”, *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, **5**, 45 y referencias allí citadas.
- Kuo-En Chang, Yu-Lung Chen, He-Yan Lin y Yao-ting Sung (2008), “Effects of learning support in simulation-based physics learning”, *Computers & Education* **51**, 1486.
- A. Doménech (1992), “El concepto de masa en la Física clásica: aspectos históricos y didácticos”, *Enseñanza De Las Ciencias*, **10** (2), 223.
- A. Doménech, E. Casasús y M. T. Doménech (1993), “The classical concept of mass: theoretical difficulties and students' definitions”, *Internacional Journal of Science Education*, **15** (2), 163.
- Francisco Esquembre, Ernesto Martín, Wolfgang Christian y Mario Belloni (2004), “Fislets, Enseñanza de la Física con material interactivo”, Pearson, Prentice Hall, España.
- Jeffrey V. Nickerson, James E. Corter, Sven K. Esche y Constantin Chassapis (2007), “A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education”, *Computers & Education* **49**, 708.
- Miguel Ré, Lucía Arena y Ma. Fernanda Giubergia (2011), “Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación”, presentado en VI TEYET.