

Estudio del resorte en el laboratorio virtual

Miguel A. Ré^{1,2} y María F. Giubergia¹

¹ Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional

² Facultad de Matemática, Astronomía y Física – Universidad Nacional de Córdoba

mgl.re33@gmail.com y mfergiu@yahoo.com.ar

Resumen

Se presenta un diseño de Laboratorio Virtual Basado en Simulaciones (LVBS) para el estudio del comportamiento de un resorte en los modos estático y dinámico. Para el desarrollo de la experiencia se ha usado un programa de simulación basado en JAVA que hace el LVBS independiente de la plataforma de ejecución. La práctica de laboratorio se presenta en un esquema de Objeto de Aprendizaje generado según un patrón repetible. El patrón desarrollado se ha usado para la realización de distintas experiencias. Se desarrolló el material de soporte para la experiencia: breve discusión de los conceptos involucrados y guía de laboratorio en el esquema de compromiso interactivo (*interactive engagement*).

La práctica se ha realizado en el curso de Física I de la carrera de Ingeniería Química en la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional. Los estudiantes respondieron encuestas antes y después de la realización de la experiencia y presentaron un informe de laboratorio.

Palabras claves: simulaciones, enseñanza, Física, laboratorio virtual

Introducción

La irrupción de las TIC en todos los contextos socio-culturales demanda la reconsideración permanente de los métodos y prácticas de enseñanza. Resultan necesarios nuevos medios de entrega de la *currícula* con el requerimiento de la concepción, implementación y evaluación de propuestas pedagógicas innovadoras. Así por ejemplo, tomando como referencia la participación del alumno, el avance en las NTICs permite pasar de

actividades netamente transmisoras, donde sólo se entrega información, a actividades participativas y colaborativas. Además, mediante una selección crítica, el educador debe generar y/o utilizar, desde su disciplina, las metodologías y contenidos de las actividades de enseñanza, aprendizaje y comunicación que faciliten el desarrollo de valores, habilidades y conocimientos de la sociedad tecnológica. Ante esta situación, surgen múltiples interrogantes acerca de cómo incorporar estas tecnologías en nuestros cursos de modo efectivo, a fin de maximizar sus potencialidades al tiempo de mitigar sus indisociables limitantes, requiriendo incluso la modificación de los paradigmas tradicionales en cuanto a los roles de docente y alumno (1-2).

Una alternativa para la incorporación de las NTICs a la enseñanza de ciencias fácticas es la posibilidad de redefinir el carácter de los experimentos de laboratorio. De esta manera, complementarios con los trabajos prácticos de laboratorio tradicionales, surge la posibilidad de incorporar los laboratorios virtuales basados en simulación (LVBS).

El aprendizaje de la Física, en tanto ciencia fáctica, requiere del trabajo experimental. Los objetivos perseguidos con la implementación del laboratorio para enseñanza de la Física pueden resumirse en cinco puntos, conforme las conclusiones del Comité de Laboratorios de la Asociación Americana de Física (AAPT) (3):

- Desarrollar el arte de la experimentación.
- Desarrollar habilidades experimentales y analíticas.
- Lograr un aprendizaje conceptual.
- Comprender las bases del conocimiento en Física.
- Desarrollar habilidades para el trabajo en colaboración.

Las simulaciones por computadora son aplicaciones que resultan particularmente apropiadas para trabajar en pos de estos objetivos, permitiendo incrementar el rango de situaciones problemáticas con la que los estudiantes pueden enfrentarse, facilitando relacionar representaciones textuales descriptivas, matemáticas y gráficas, o el planteo de problemas difíciles de abordar por los métodos tradicionales debido a las dificultades matemáticas formales o experimentales necesarias, tomando en consideración el nivel instruccional de los alumnos. También permiten comprender las ecuaciones como relaciones físicas entre parámetros o magnitudes a ser medidas y construir modelos mentales de sistemas físicos.

Corresponde señalar además que las usuales limitaciones presupuestarias, de equipamiento o recursos humanos en los laboratorios de enseñanza para los cursos de Física General conspiran contra el logro efectivo de los objetivos antes enumerados. Ocurre entonces que aún cuando la gran mayoría de los profesores de Física consideramos que su enseñanza debe basarse fuertemente en la práctica experimental desarrollada por los alumnos, los trabajos prácticos que se llevan a cabo son pocos y escasamente aprovechados (4), resultando dichas prácticas una valla a superar con más o menos esfuerzo, pero sin un aporte significativo al aprendizaje.

El trabajo con experiencias virtuales permite analizar las consecuencias de los modelos en consideración y una exploración de parámetros no siempre disponible en un laboratorio de realidad material. El material de soporte para la actividad se considera de fundamental importancia y se desarrolla en el esquema de compromiso interactivo (5) (*interactive engagement*), promoviendo que el estudiante desempeñe un papel activo. Distinguimos aquí entre problemas enriquecidos con los medios, ilustrando o reforzando lo que se describe en clase, y problemas centrados en los medios, en los que el estudiante hace uso del recurso para la resolución de un problema, adhiriendo en este trabajo al segundo esquema.

El desarrollo de Internet ha ampliado significativamente las posibilidades de diseño de LVBS. Existe gran profusión de programas de simulación de libre disponibilidad. Consideramos particularmente ventajosos aquellos programas que pueden ejecutarse en línea o localmente sin más requisito que la aplicación JAVA, que permite independencia del sistema operativo o las características particulares del equipamiento utilizado. Por esta razón, en esta etapa de trabajo, se optó por la adaptación de *software* existente, concentrando el esfuerzo en el desarrollo del material de soporte. Como Chang *et al.* (6) han señalado, este material tiene importantes efectos en el aprendizaje, obteniéndose los mejores resultados en un esquema de inducción a la experimentación, dejando al alumno libertad para algunos aspectos del diseño experimental.

Presentamos aquí el diseño de un LVBS para la caracterización de la fuerza elástica. La actividad conlleva la calibración de un resorte por el método estático, la determinación de masas desconocidas y la medición del período de oscilación de una masa sujeta a un resorte con el reconocimiento de las magnitudes de las que depende.

El experimento se implementó en un esquema de Objeto de Aprendizaje que incorpora el laboratorio y lo constituye en un recurso digital reusable. Dado que debe ser un recurso autocontenido y versátil para su combinación o integración con otros recursos, se desarrolló un patrón repetible para la realización de diversas experiencias. Se incluye aquí la guía de laboratorio. La actividad se evalúa con cuestionarios pre y post experiencia y con la corrección del correspondiente informe de laboratorio que los alumnos deben presentar.

Laboratorio Virtual Basado En Simulaciones.

Definimos el LVBS como una simulación en computadora que permite que las funciones esenciales de los TPLT puedan desarrollarse en un programa de simulación. En esta definición se relaja el requisito de que los

datos obtenidos sean indistinguibles de los obtenidos en un TPLT (7). Dentro del esquema allí propuesto podemos enmarcar el presente desarrollo dentro de los laboratorios virtuales basados en teoría.

Existe una gran oferta de programas de simulación que permiten la realización de experiencias virtuales (o de realidad virtual), muchos de ellos de acceso libre en Internet: *Physics simulation with JAVA* (8), *Open source physics* (9), *Physics education* (10) o *Physics simulations with JAVA* (11). Se consideran particularmente convenientes los programas que pueden ejecutarse de manera remota o eventualmente descargarse para su ejecución sin más requisitos que la instalación de JAVA, ya que estos pueden ejecutarse dentro de un programa de navegación como Netscape o Firefox Mozilla. Así la necesidad de generar los programas, que en muchos casos era causa de la reticencia de los docentes a incorporar estas tecnologías, se minimiza y el esfuerzo del docente puede enfocarse en la adaptación didáctica de la metodología a las necesidades curriculares, tarea específica e ineludible.

El material de soporte generado se desarrolla en el esquema de inducción a la experiencia, con el que se han informado los mejores resultados (6). De este modo podrán abordarse temas por lo general complicados ya sea por los requerimientos de cálculo o las dificultades experimentales en las aproximaciones tradicionales. Ésta es una ventaja que los mismos estudiantes destacan en encuestas donde se les pide una valoración de la actividad.

Los programas disponibles ofrecen en general gráficos sencillos pero presentan una rápida respuesta que permite diseñar actividades que involucren interactivamente a los estudiantes (*interactive engagement*) (5). En los distintos formatos que puede adoptar este método se requiere del estudiante el desempeño de un papel activo en el proceso de aprendizaje. La posibilidad de ejecutar estos programas dentro de un programa de navegación amplía el tiempo de trabajo permitiendo al estudiante elegir sus horarios y trabajar fuera del ámbito

edilicio de la facultad. No obstante puede ser necesario guiar la actividad del estudiante, especialmente en un primer curso de Física.

También conviene destacar aspectos de orden práctico que refuerzan la iniciativa de incorporar LVBS al proceso de aprendizaje. Existen problemas comunes a las carreras de ingeniería como la extensión de los programas en relación al número de horas destinadas a los cursos, la escasez de recursos humanos y materiales para el número de alumnos asistentes o la limitación de recursos económicos para el mantenimiento y puesta al día de los laboratorios de realidad material, que limitan el número y la calidad de las prácticas de laboratorio que pueden desarrollarse (4). Los LVBS constituyen un paliativo a estas limitaciones y la facilidad y rapidez en su implementación los hacen particularmente apropiados desde este punto de vista.

A pesar de las ventajas descritas la postura de los autores es que los LVBS constituyen una herramienta alternativa complementaria y no sustitutiva de los TPLT (12, 13). Los LVBS presentan limitaciones en el desarrollo de habilidades y destrezas en el manejo de instrumental, en la selección de variables para la formulación de modelos o en la sobresimplificación de la situación problemática presentada (14).

Esquema de Objeto de Aprendizaje

La propuesta que aquí se presenta es el desarrollo de un LVBS en un esquema de Objeto de Aprendizaje (OA): un recurso digital reusable, representativo de aspectos de la "realidad" y significativo para el sujeto de aprendizaje, autocontenido y versátil para su combinación o integración con otros recursos (OA).

El objetivo perseguido con la creación de un OA es disponer de un recurso didáctico digital para contribuir al aprendizaje de los usuarios. Según Chan y González (15) un *recurso digital* creado con la finalidad de *desarrollar alguna capacidad o saber en un aprendiente*, debe ser:

- unitario: contener los componentes necesarios para realizar una actividad de aprendizaje de acuerdo con el *objetivo* para el que fue creado.
- articulado en su interior: señalando una ruta para la realización de una tarea, proveyendo los insumos para realizarla y orientando al aprendiente sobre la calidad de su ejecución.
- representacional y significante: referenciando siempre aspectos de la “realidad”. Así, se lo plantea como un objeto *referencial* y se plantea al aprendiente para ser *significado* por él.
- reusable: el objeto aprendido se integra a diferentes esquemas conceptuales. Análogamente a lo que sucede en la mente de los sujetos, el objeto digital se puede ubicar o integrar en *diferentes contextos de uso*, y a esto se lo denomina en programación, reusabilidad.
- escalable: así como un objeto de conocimiento en la mente del sujeto siempre tiene posibilidad de ampliarse, de admitir nuevo contenido e integrarse a cadenas o redes de significado; como entidades digitales, los objetos pueden ser *incluidos en entidades más amplias*, o *admitir en su interior* nuevos componentes.

Siguiendo la propuesta del Grupo Nacional de Objetos de Aprendizaje de México, que clasifica los OA en los aspectos tecnopedagógicos, el tipo de OA aquí propuesto corresponde a la categoría de Objetos de Simulación, que contienen la instrumentación de partes de simulación de diversos tipos. En otras clasificaciones coincide con los denominados Objetos de Prácticas.

Una forma de optimizar la producción de OA es definir y utilizar patrones de diseño, entendiendo estos como la forma, la estructura, el componente abstracto o genérico, el contenedor para diversas “sustancias” informativas y que junto con ellas da forma al objeto (16).

El patrón de OA trasciende la idea de una plantilla, contribuyendo al proceso de composición de los OA no sólo en cuanto a la organización interna sino que también identificando y seleccionando los procesos a

desarrollar, que cuando se incorporan los insumos informativos (lecturas, imágenes, audio, vídeo) conforman el nuevo OA. Desde el diseño pedagógico se especificarán los objetivos de aprendizaje, la estrategia y la táctica a desarrollar y las experiencias que se promueven.

Laboratorio Virtual Para Fuerza Elástica.

El concepto de fuerza como medida de la intensidad de la interacción entre dos cuerpos o sistemas físicos es central en la formulación de la Mecánica Newtoniana. La fuerza elástica, representada como la fuerza que ejerce un resorte, es una de las interacciones modeladas y utilizadas en un primer curso de Física para el trabajo en resolución de problemas. Además de constituir un ejemplo de interés, la fuerza elástica permite introducir el modelo de Oscilador Armónico (17, 18), uno de los modelos más ubicuos en la Física, trascendiendo los límites de la Física Clásica teniendo un papel más que relevante en la Mecánica Cuántica. El potencial cuadrático, que caracteriza al Oscilador Armónico, constituye una buena aproximación para el comportamiento de muchos sistemas físicos cerca de un estado de equilibrio estable. En un primer curso de mecánica surge como ejemplo de aplicación de esta aproximación el péndulo ideal o matemático en la proximidad de la posición de equilibrio y su extensión a otros sistemas oscilantes como el péndulo físico.

Resulta de interés destacar en la fuerza elástica la proporcionalidad entre fuerza restitutiva y apartamiento de la posición de equilibrio del sistema (la relación lineal entre fuerza y deformación) y la propiedad de isocronismo que de esta relación se deriva.

El dispositivo experimental tradicional para la caracterización de la fuerza elástica consiste en un resorte colgado por un extremo de un punto fijo, en tanto que de su otro extremo se cuelgan pesas de distinto valor. La constante de fuerza del resorte puede determinarse a partir de los usualmente denominados

métodos estático y dinámico. Subyacente en este diseño está el principio de superposición, sobre el que se llama la atención del alumno.

Conocida la constante elástica del resorte, el mismo puede utilizarse como una balanza rudimentaria para la determinación del peso de masas desconocidas. También, a partir de la propiedad de isocronismo, se puede plantear la construcción de un reloj.

Para la implementación de este trabajo práctico se eligió el programa *masses and springs* del proyecto Phet (10), que se ajusta a los requerimientos de la experiencia planificada permitiendo la simulación de los métodos de calibración estático y dinámico. El programa está desarrollado en el lenguaje JAVA, lo que permite su ejecución en el entorno de un programa de navegación (como Internet Explorer o Mozilla Firefox) sin imponer mayores restricciones sobre la plataforma de ejecución. El programa ofrece una operatividad simple y eficiente y una buena interactividad favoreciendo el esquema de *interactive engagement*.

El diseño del LVBS se hizo en un esquema de OA siguiendo un patrón desarrollado para la implementación de las experiencias virtuales en el curso. El patrón en construcción propone tres actividades o etapas para completar una experiencia:

- **Revisión de conceptos** (etapa preliminar): incluye textos con información relevante relativa a la experiencia que se va a desarrollar. En general los textos se seleccionan de la bibliografía disponible y/o se generan ad-hoc atendiendo a las necesidades específicas de la experiencia. En particular para el trabajo práctico que aquí se presenta se desarrollaron textos relativos al principio de superposición y al diseño experimental con el que se va a trabajar. También se incluye en esta sección una encuesta previa al desarrollo de la experiencia para registrar los conocimientos previos del estudiante.
- **Experimento** (trabajo práctico): se accede al “dispositivo experimental” y a la guía de actividades elaborada para el trabajo práctico. Se utilizó el programa *masses and springs* del proyecto Phet, ya mencionado.

El programa puede ejecutarse en línea o descargarse para su ejecución local y es de uso libre. La guía de trabajos prácticos (incluida en el apéndice) presenta al estudiante las actividades a realizar en la experiencia:

- un reconocimiento de la página (del instrumental a utilizar).
- la determinación de la ley de fuerzas del resorte (asociado al método estático de calibración del resorte)
- la determinación de la dependencia del período de oscilación con el valor de la masa o la amplitud de oscilación (en este caso no se observarán variaciones).
- **Cierre y resumen** (etapa final) presenta actividades conexas al trabajo práctico que se acaba de completar, ofreciendo al estudiante la oportunidad de efectuar una exploración individual. La actividad se completa con la presentación de un informe de laboratorio. En esta sección se ofrece un esquema orientador para la confección de dicho informe. Se incluye además una encuesta a ser completada con posterioridad al desarrollo de la experiencia a fin de evaluar los avances logrados con la actividad desarrollada.

Se accede a la actividad desde la dirección:

<http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/cienciasbasicas/laboratoriovirtual/fisicaI/labsuper/index.html>.

Resultados.

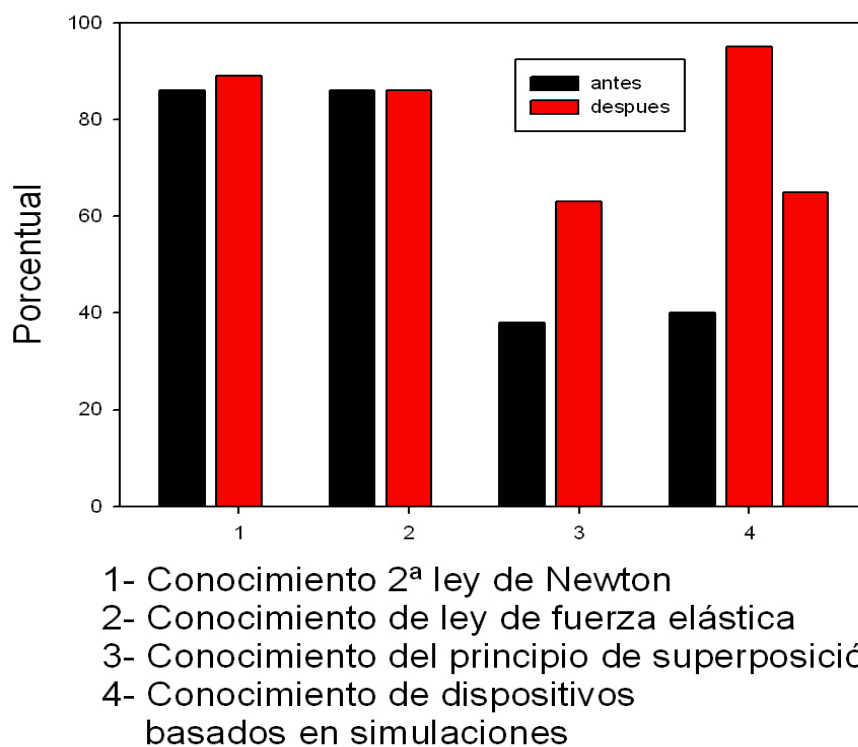
El laboratorio fue ensayado en el curso de Física I, del segundo año de estudios de la carrera de Ingeniería Química, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional. Participaron del ensayo cuarenta y siete estudiantes, trabajando en grupos de dos a tres integrantes a fin de promover la discusión entre pares durante el desarrollo del experimento. Los estudiantes dispusieron de dos horas para completar la experiencia en el gabinete de computación. El tiempo resultó en general suficiente para los grupos que realizaron el trabajo. De todas formas el OA está disponible en el servidor en forma perma-

nente lo que permite revisar o completar las actividades fuera del horario de clases. Durante la práctica los estudiantes mostraron entusiasmo en el desarrollo de la actividad, interesándose incluso en aspectos no contemplados explícitamente en la guía de trabajos prácticos. Para el estudiante resultó motivador poder confrontar sus conocimientos teóricos con ensayos experimentales usando una tec-

nología que le resulta conocida y en la que se desenvuelve con gran naturalidad.

El programa de simulación facilita el diseño de situaciones problemáticas, resultando más simple la obtención de datos al compararlo con el laboratorio de realidad material. Debe señalarse sin embargo que la no manipulación de equipamiento de realidad material limita aspectos importantes del diseño experimental y la puesta a punto del equipamiento.

Figura 1: Resultados de la evaluación de las encuestas previas y posteriores a la realización de la experiencia. Se comparan los porcentajes de respuestas positivas



Se solicitó a los estudiantes que respondieran las encuestas previa y posterior a la experiencia. De las respuestas obtenidas puede concluirse que los estudiantes llegaron al trabajo práctico con ideas claras sobre los conceptos básicos correspondiente a las leyes de Newton (las respuestas positivas a las preguntas superaron el 80%). Sin embargo evidenciaron alguna dificultad con la comprensión del Principio de Superposición y su relación con la dinámica. Al trabajar con computadoras conectadas a Internet les fue posible efectuar búsquedas para responder a

las preguntas efectuadas, en caso de no conocerlas. Sin embargo esta facilidad puede considerarse contraproducente al no haber encontrado la respuesta adecuada al contexto del problema. Así las respuestas correctas en la encuesta previa a la experiencia estuvieron por debajo del 50%, en tanto que luego de completada la experiencia superaron el 60%, de donde podemos concluir que la experiencia hizo un aporte positivo.

Los estudiantes no tuvieron dificultades en reconocer la forma funcional de la ley de fuerzas del resorte, lo que también se reflejó

en los informes de laboratorio elaborados.

Se preguntó además si los estudiantes conocían dispositivos que tuvieran como principio de funcionamiento la fuerza elástica. Las respuestas positivas estuvieron aproximadamente en un 45%, aunque hubo casos en que no podían explicar como estaba relacionado el funcionamiento con las propiedades de oscilación por ejemplo.

Preguntados acerca de si una balanza basada en la fuerza elástica funcionaría correctamente en otro planeta las respuestas positivas superaron el 95%, en tanto que preguntados si un reloj basado en resortes funcionaría correctamente en otro planeta, se obtuvo un 65% de respuestas correctas. Esto sugiere que el método estático fue mejor comprendido que el método dinámico. Estos resultados se resumen en la figura 1.

Finalmente se pidió a los estudiantes un breve comentario sobre el práctico realizado, recibiendo en general evaluaciones positivas. Un denominador común en las respuestas obtenidas indica que la realización de la actividad facilitó la comprensión de lo discutido en las clases teóricas. Esta respuesta, coincidente con la obtenida en otros ensayos en este y otros cursos en temas distintos, sugiere que más allá de la función motivadora *per se* del uso de simulaciones en computadoras, la valoración positiva del LVBS por parte del alumnado surge de la posibilidad de visualizar en representaciones concretas los conceptos abstractos discutidos en las clases teóricas y trabajados en las clases de problemas.

Discusión y conclusiones.

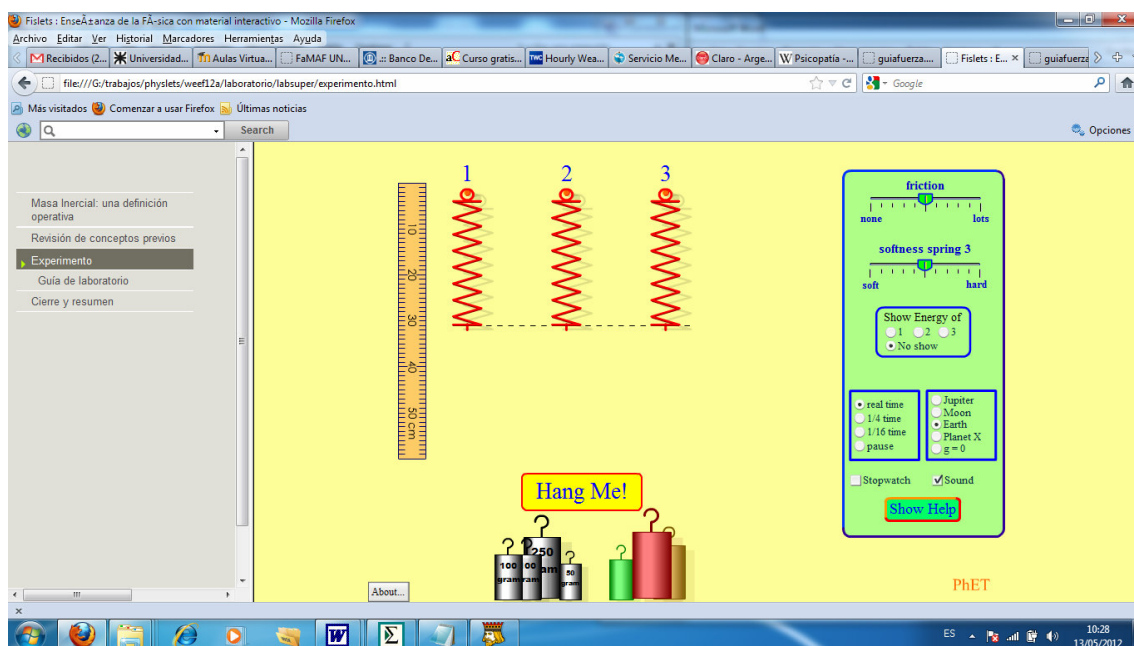
Se completó el diseño y puesta en aula de un Laboratorio Virtual Basado en Simulaciones para la caracterización de la fuerza que ejerce un resorte (fuerza elástica). El práctico incluye la calibración de un resorte mediante los métodos estático y dinámico, reproduciendo propuestas tradicionales en laboratorios de

Física de realidad material. Estos diseños se basan en el Principio de Superposición, por lo que es conveniente que los estudiantes tengan dicho concepto afianzado.

El tiempo de trabajo estimado para completar la actividad es de dos horas, una duración igual o menor que la destinada a un práctico de laboratorio convencional, por lo que el “costo” en tiempo es similar. El costo material en sí no es significativo, pues el único equipamiento utilizado es el del gabinete de computación, de usos múltiples (no está dedicado exclusivamente a los cursos de Física). El *software* es de acceso libre, por lo que tampoco demanda costos extra.

En lo concerniente a recursos humanos, tampoco encontramos la experiencia más demandante que las actividades tradicionales. Se requiere la elaboración de una guía de laboratorio y con la participación de un docente en el trabajo de aula es suficiente para atender los requerimientos de entre 20 y 25 grupos de trabajo.

La actividad se desarrolló en un gabinete de computación por grupos conformados por dos o tres estudiantes bajo la supervisión de un docente. El resultado de la experiencia se considera satisfactorio a partir de las respuestas obtenidas en cuestionarios completados por los alumnos antes y después de la experiencia. Además de los aspectos específicos así evaluados se solicitó una opinión de los estudiantes en relación al tipo de trabajo desarrollado. Surge como importante y presente en la mayoría de las opiniones recibidas el señalar que el trabajo práctico ha sido de utilidad para la comprensión de aspectos que no se había logrado luego de la clase teórico-práctica. En la continuidad de esta experiencia se está trabajando en la extensión del práctico a más cursos de Física I, dentro del ámbito de la Facultad en que se realizó la experiencia. También se está trabajando en la mejora de los textos de soporte confeccionados, considerando las dificultades y comentarios realizados por los alumnos.



Apéndice A. Guía de trabajos prácticos. Ley de fuerza para el resorte. Principio de superposición.

En la opción “Experimento” aparece ante Ud. Un diagrama similar al ilustrado en la figura. Le proponemos las siguientes actividades:

1) Reconocimiento de la página.

Utilice algunos minutos para familiarizarse con la página del programa (el “dispositivo experimental”). Podemos reconocer cinco secciones importantes:

a) Zona de resortes:

Se dispone de tres resortes de los que se puede colgar alguna de las masas (o pesas) que están por debajo (una por vez). En esta experiencia la mayor parte de las actividades las haremos con el resorte 1.

Existe un conjunto de pesas precalibradas y otro conjunto de pesas pintadas de distintos colores, de valor desconocido y que determinaremos en este práctico.

Para colgar una pesa de un resorte coloque el cursor sobre la pesa elegida y desplácela con el botón izquierdo del *mouse* oprimido.

b) Instrumentos de medición.

Para la realización de las actividades se dispone de una regla y un reloj. El reloj se activa

desde el panel de la derecha (en fondo verde; con la opción *stopwatch*).

Los instrumentos pueden desplazarse posicionando el cursor sobre el objeto y manteniendo el botón izquierdo del *mouse* apretado.

c) Comando *friction*.

En el panel de comandos, a la derecha (en fondo verde), la barra con el rótulo *friction*, permite “regular” la fricción que actúa sobre las pesas colgadas del resorte. En este trabajo haremos uso de esta facilidad para lograr que la pesa alcance rápidamente la posición de equilibrio en las actividades estáticas.

d) Control de evolución temporal

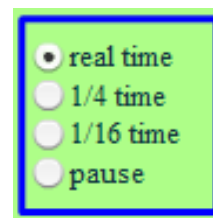
Mediante las opciones disponibles en el panel

que aquí se reproduce (en el

panel de controles a la derecha) es posible “ralentizar el tiempo”. En la opción *real time* el tiempo transcurre normalmente: 1

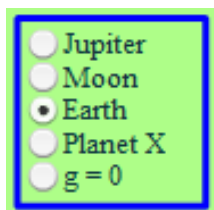
segundo de simulación transcurre en un segundo. En la opción *1/16 time* el tiempo transcurre más lentamente: 1

segundo de simulación transcurre en 16 segundos. En la opción *pause* se detiene la simulación hasta que otra de las opciones sea seleccionada.



e) Control de gravedad

Las opciones del panel que aquí se reproduce (también incluido en el panel de controles a la derecha de la pantalla) permiten modificar los valores de la aceleración de la gravedad. *Earth* corresponde al planeta



Tierra con el valor conocido de $g=9.81 \text{ m/s}^2$. Podemos seleccionar además los valores para la luna (*moon*) y Júpiter. La opción planeta X corresponde a un valor desconocido de gravedad.

2- Ejercicio – primera parte: Ley de fuerzas del resorte y principio de superposición.

a) Colgando las pesas de valores conocidos del resorte 1 mida los estiramientos del mismo y determine la ley de fuerzas del resorte. Sugerencia: construya una tabla donde registre masa/peso, elongación del resorte (estiramiento), cociente masa/elongación.

¿Qué conclusiones puede extraer sobre la fuerza ejercida por el resorte?

¿Cuál es la ley de fuerzas para el resorte (de qué depende la fuerza y con qué forma funcional)?

b) Determine el valor de las masas/pesas incógnita. Para esta determinación deberá usar las conclusiones y los resultados obtenidos en la actividad anterior. En su informe de laboratorio describa el método que utilizó.

Sugerencia: para frenar las oscilaciones puede modificar la fricción, llevándola a su valor máximo.

3- Ejercicio – segunda parte: período de oscilaciones.

Cuelgue una masa del resorte 1 y espere que alcance la posición de equilibrio. Para frenar las oscilaciones puede llevar la fricción a su valor máximo. No olvide anular la fricción antes de iniciar la experiencia.

En este ejercicio se medirá el período de oscilaciones de la masa colgada del resorte cuando se la aparta de su posición de equilibrio. A tal fin, en cada medición, ponga en pausa la simulación, aparte la masa de la posición de

equilibrio, asegúrese de que la fricción está en cero y deje correr la simulación.

Para poder efectuar las mediciones puede resultar conveniente elegir una velocidad de ejecución más lenta (1/16 p. ej.). Al medir el período de oscilaciones se sugiere tomar como punto de referencia el paso de la masa por la posición de equilibrio. Para obtener un valor mejor aproximado del período de oscilaciones se sugiere tomar el tiempo de diez oscilaciones por ejemplo (¿porqué?).

a) Dependencia del período con la amplitud: ponga en pausa la simulación (usando el control de evolución temporal), aparte la masa de la posición de equilibrio, libere (quite la pausa) y mida el período de oscilación. Repita la operación con distintos valores de amplitud (de la deformación del resorte) y consigne los valores en una tabla, consignando amplitud y período.

b) Dependencia con la masa: repita la medición del período de oscilación, pero ahora cambiando la masa suspendida del resorte. Construya una tabla con los resultados obtenidos consignando masa, período y agregue los cocientes T/m y T^2/m . De los valores consignados, ¿qué conclusiones puede extraer para la dependencia del período con la masa?

¿Puede Ud. proponer la dependencia del período con la constante del resorte? ¿Cómo podría determinar la dependencia?

En la elaboración del informe incluya los gráficos T vs. m y T^2 vs. m , con los valores registrados. ¿Podría extraer el valor de la constante del resorte de alguno de estos gráficos?

Concluida la actividad confeccione un informe con los resultados obtenidos siguiendo el esquema de informe de laboratorio sugerido y contemplando los puntos de cada una de las actividades desarrolladas.

Agradecimiento

Los autores agradecen el financiamiento de este proyecto a través del PID UTI 1400 otorgado por la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias.

1. Norrie S. Edward, "Evaluation of Computer Based Laboratory Simulation", *Computers & Education*, vol. 26, p. 123, (1996).
2. Carlos Ferro Soto, Ana Isabel Martínez Senra y M^a Carmen Otero Neira, "Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles", *EDUTEC*, vol. 29 (2009), <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec39/>
3. American Association of Physics Teachers (1998) "Goals of the Introductory Physics Laboratory", *Am. J. Phys* **66**, 483.
4. González Manuel, Arranz Gloria, Portales Raúl, Tamayo Miguel y González Alberto (2002) "Development of a virtual laboratory on the Internet as support for physics laboratory training", *Eur. J. Phys.* **23**, 61.
5. Hake, R. (1998). "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses". *American Journal of Physics* 66 (1), pp. 64-74.
6. Chang Kuo-En, Chen Yu-Lung, Lin He-Yan y Sung Yao-ting (2008), "Effects of learning support in simulation-based physics learning", *Computers & Education* **51**, 1486.
7. Cramer, P.G. y De Meyer, G. (1997). "The philosophy of the Virtual Laboratory". http://www.vlabs.net/philos/vlart_g.html
8. Esquembre Francisco, Martín Ernesto, Christian Wolfgang y Belloni Mario (2004), "Fislets, Enseñanza de la Física con material interactivo", Pearson, Prentice Hall, España.
<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>.
9. Compadre en <http://www.compadre.org/OSP>
10. Phet en <http://www.phet.colorado.edu/en/simulations>
11. Myphysicslab en <http://www.mypysicslab.com>.
12. Chen S. (2010). "The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories". *Computers and Education*, 55, pp. 1123-1130.
13. Séré, M.G.; Coelho, S.M. y Dias Nunes A. (2003). "O papel de experimentação no ensino da Física". *Caderno Brasileiro de ensino da Física*, 20, pp. 30.
14. Ré Miguel, Arena Lucía y Giubergia Ma. Fernanda (2011), "Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación", presentado en VI TEYET, Salta, 14 – 16 de Junio.
(2012) *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* **8**, 16.
15. Chan, M. E.; González, S. (2007). "Aspectos pedagógicos de los Objetos de Aprendizaje", UDG Virtual-Universidad Autónoma de Aguas Calientes, México.
16. González, C. S. (2006). "Diseño Educativo de Programas Formativos a Través de Materiales Educativos Reutilizables: Prototipo de Patrones de Objetos de Aprendizaje". Guadalajara, Jalisco, Méx: Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Maestría en Tecnologías para el Aprendizaje.
17. Ingard Uno y Krausharr William (1991) "Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas", Reverté, España.
18. Feynman, R. P. (1963) . *The Feynman lectures on Physics*. Addison-Wesley, Reading MA.