

## Estudio comparativo de una práctica de laboratorio: el péndulo

Miguel A. Ré<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional

<sup>2</sup> Facultad de Matemática, Astronomía y Física – Universidad Nacional de Córdoba

[mgl.re33@gmail.com](mailto:mgl.re33@gmail.com)

### Resumen

Se presenta un diseño de Laboratorio Virtual Basado en Simulaciones (LVBS) para el estudio de las oscilaciones de un péndulo en el límite de pequeñas amplitudes. Se comparan los resultados obtenidos en esta práctica con los correspondientes a una práctica tradicional de realidad material. Para el desarrollo de la experiencia virtual se ha usado un programa de simulación basado en JAVA que hace el LVBS independiente de la plataforma de ejecución y se presenta en un esquema de Objeto de Aprendizaje generado según un patrón desarrollado utilizado 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 de laboratorio tradicional se desarrolló paralelamente en el laboratorio de Física. Los estudiantes respondieron encuestas antes y después de la realización de la experiencia y presentaron un informe de laboratorio. Se comparan los resultados obtenidos en cada experiencia.

**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. Se abren nuevas posibilidades para la entrega de la *currícula* con el requerimiento de la concepción, implementación y evaluación de propuestas pedagógicas innovadoras. Si tomamos 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 con sus pares y/o docentes. Mediante una selección crítica, el educador podrá 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, surge el interrogante 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).

La Física, en tanto ciencia fáctica, requiere para su aprendizaje del trabajo experimental. Los objetivos perseguidos a través del laboratorio para enseñanza de la Física han sido resumidos en cinco puntos por el 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.

En el ámbito universitario, en las carreras de ingeniería en particular, 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 enumerados. Conspiran además programas excesivamente extensos para las

horas disponibles. Ocurre entonces que aún cuando la gran mayoría de los profesores de Física consideramos que en la enseñanza de la disciplina la práctica experimental debe desempeñar un papel fundamental, los trabajos prácticos de laboratorio tradicionales (TPLT) 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.

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 las 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.

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 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 las actividades diseñadas 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 (6). La propuesta que aquí se presenta adscribe 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 que permiten la realización de experiencias virtuales (o de realidad virtual), muchos de ellos de acceso libre en Internet: *Physlets, simulation with JAVA* (6), *Open source physics* (7), *Physics education* (8) o *Physics simulations with JAVA* (9). 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. De esta manera se logra una independencia del sistema operativo o las características particulares del equipamiento utilizado. En base a estas consideraciones, en esta etapa del proyecto, se optó por la adaptación de *software* existente, concentrando el esfuerzo en el desarrollo del material de soporte, tarea específica e ineludible del docente. Como Chang *et al.* (10) han señalado, este material tiene importantes efectos en el aprendizaje, obteniéndose mejores resultados en un esquema de inducción a la experimentación, dejando al alumno libertad para algunos aspectos del diseño experimental.

Presentamos aquí un estudio comparativo de un LVBS y uno de realidad material para el estudio de las oscilaciones de un péndulo. La actividad conlleva la determinación de la dependencia del período con la amplitud de oscilación, la longitud del hilo, la masa suspendida y la aceleración de la gravedad.

El experimento en el LVBS 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 virtuales. Se incluyen en los apéndices **A** y **B** las guías de laboratorio desarrolladas. 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 (11). Dentro del esquema propuesto en (11) podemos enmarcar el presente desarrollo dentro de los laboratorios virtuales basados en teoría.

Según se mencionó en la introducción el material de soporte generado se desarrolla en el esquema de inducción a la experiencia (10). En el esquema de LVBS pueden 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.

A pesar de las ventajas descriptas la postura que se sostiene en este proyecto 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 significativo: 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 el Estudio de las Oscilaciones de un Péndulo.**

El estudio de las oscilaciones de un péndulo tiene importancia histórica en el desarrollo de la Física, en particular para la medición del tiempo. El péndulo simple es un ejemplo clásico de sistema oscilante. Para oscilaciones de pequeña amplitud el péndulo se comporta un 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. En este límite el potencial cuadrático, que caracteriza al Oscilador Armónico, constituye una buena aproximación de la dinámica cerca de la posición de equilibrio y puede extenderse a sistemas más complejos como el péndulo físico.

Resulta de interés destacar la proporcionalidad entre fuerza restitutiva y apartamiento de la posición de equilibrio del sistema y la propiedad de isocronismo que de ésta se deriva.

El dispositivo experimental tradicional para el estudio de las oscilaciones del péndulo consiste en una esfera sujeta por un cable de masa despreciable. Se mide el período de oscilaciones del péndulo y se analiza su

dependencia con distintos parámetros del diseño.

Verificada la propiedad de isocronismo en la aproximación de pequeñas amplitudes se puede plantear la construcción de un reloj.

Para la implementación de este trabajo práctico se eligió el programa *pendulum* del proyecto Phet (8), que se ajusta a los requerimientos de la experiencia planificada. 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 programa seleccionado ofrece gráficos sencillos pero presenta una respuesta rápida. 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.

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/ciencias\\_basicas/laboratoriovirtual/fisicaI/labsuper/indexp.html](http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/ciencias_basicas/laboratoriovirtual/fisicaI/labsuper/indexp.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 ochenta y cuatro estudiantes, divididos en dos comisiones de 51 y 33 estudiantes respectivamente, trabajando en grupos 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 o en el laboratorio de Física. El tiempo resultó en general suficiente para los grupos que realizaron el trabajo. De todas formas en particular el OA está disponible en el servidor en forma permanente lo que permite revisar o completar las actividades fuera del horario de clases. Durante la práctica virtual los estudiantes mostraron entusiasmo en el desarrollo de la actividad, interesándose incluso en aspectos no contemplados explícitamente en la guía de trabajos prácticos. Para este grupo de estudiantes resultó motivador poder confrontar sus conocimientos teóricos con ensayos experimentales usando una tecnología 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.

Se solicitó a los estudiantes que respondieran encuestas previa y posterior a la experiencia. De las respuestas obtenidas puede concluirse que los estudiantes llegaron, desde al clase teórica, al trabajo práctico con ideas claras sobre la dependencia del período de oscilación con los parámetros de diseño. Esto hace que el porcentaje de mejora logrado en estos aspectos cognitivos sea relativamente bajo, aunque similar, en ambas prácticas. Sin embargo en una pregunta sobre aplicación del diseño la mejora lograda en el LVBS es superior a la del laboratorio tradicional. En este momento se está trabajando en una medición más minuciosa y exhaustiva en base a las encuestas.

## Discusión y conclusiones.

Se completó el diseño y puesta en aula de un Laboratorio Virtual Basado en Simulaciones para el estudio de las oscilaciones de un péndulo y su comparación con los resultados obtenidos en un laboratorio tradicional. El

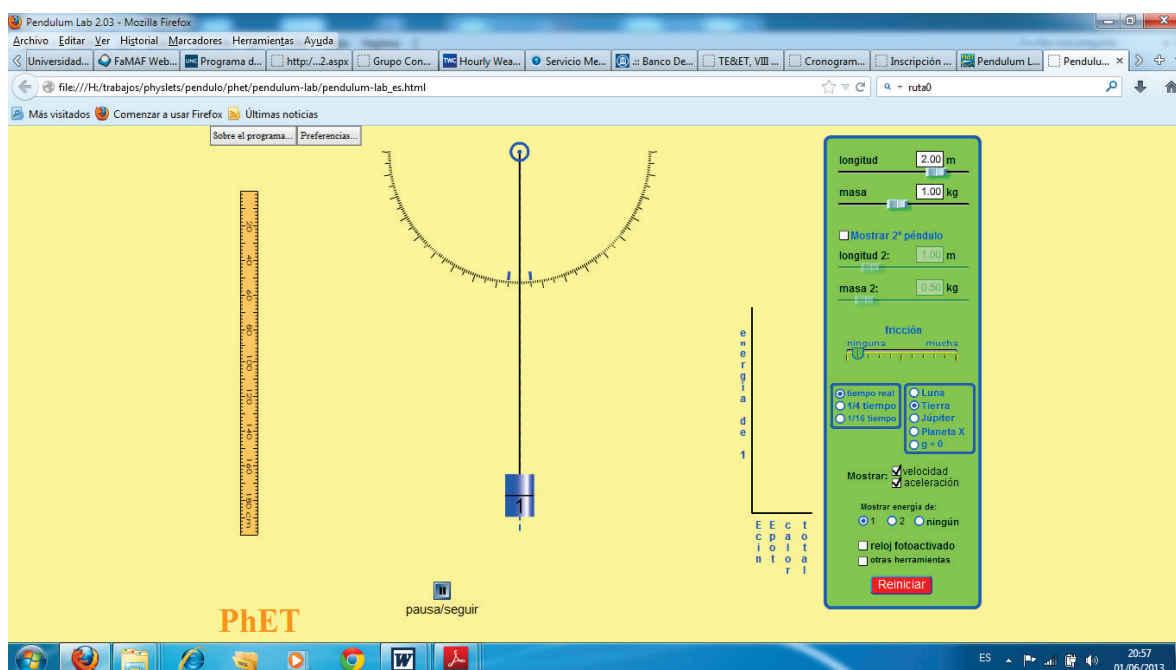
práctico plantea la medición del período de oscilación de un péndulo reproduciendo propuestas tradicionales en laboratorios de Física de realidad material.

El tiempo de trabajo estimado para completar la actividad es de dos horas en ambos diseños. El costo material del LVBS 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. El costo material del laboratorio de realidad material no es significativo en este caso, aunque obviamente mayor.

En lo concerniente a recursos humanos, encontramos que la experiencia virtual es menos demandante que la actividad tradicional.

La actividad virtual 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. La actividad tradicional, a su vez, se desarrolló en el laboratorio de Física por grupos conformados por cinco o seis estudiantes. Aparece aquí una de las dificultades que se genera en la falta de equipamiento, ya que la realización de prácticas de laboratorio por grupos tan numerosos provoca una participación desapareja de sus integrantes. 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.

### Período del péndulo ideal

### Aceleración de la gravedad.

### (laboratorio virtual)

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 péndulos.

Se dispone de dos péndulos (uno de ellos de exhibición opcional). En esta experiencia trabajaremos con el péndulo. La longitud del hilo y el valor de la masa pueden modificarse desde la ventana de comandos.

##### b) Instrumentos de medición.

Para la realización de las actividades se dispone de una regla, un reloj y una cinta métrica (el reloj y la cinta aparecen cuando se activa la casilla otras herramientas en el panel de controles).

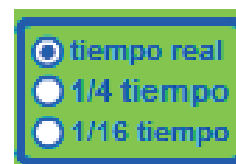
Los instrumentos pueden desplazarse posicionando el cursor sobre el objeto y manteniendo el botón izquierdo del *mouse* apretado.

##### c) Comando fricción.

En el panel de controles, a la derecha (en fondo verde), la barra con el rótulo fricción, permite “regular” la fricción que actúa sobre el péndulo. En este trabajo no haremos uso de esta facilidad.

##### d) Control de evolución temporal

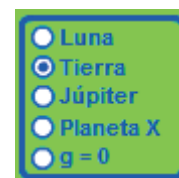
Mediante las opciones disponibles en el panel que aquí se reproduce (en el panel de controles a la derecha) es posible “ralentizar el tiempo”. En la opción tiempo real el tiempo transcurre normalmente: 1 segundo de simulación transcurre en un segundo. En la opción *1/16 time* el tiempo transcurre más lentamente: 1 segundo de simulación transcurre en 16 segundos.



Con la opción pausa se detiene la simulación permitiendo reconfigurar el sistema.

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

2- Ejercicio – primera parte: período de oscilaciones.

Para la medición del período de oscilaciones, aparte el péndulo de la posición de equilibrio y libérela. Puede poner el programa en pausa mientras configura el sistema. **No olvide anular la fricción antes de iniciar la experiencia.**

Para poder efectuar las mediciones con mayor comodidad puede 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 mejor valor aproximado del período de oscilaciones se sugiere tomar el tiempo de más de una oscilación (¿porqué?).

Para poder estimar el error cometido en la medición se sugiere repetir el proceso varias veces. Enuncie el criterio para la estimación del error en su informe.

a) Dependencia del período con la amplitud: ponga en pausa la simulación, aparte la masa de la posición de equilibrio, libere y mida el período de oscilación. Repita la operación con distintos valores de amplitud y consigne los valores en una tabla, consignando amplitud y período. ¿Encuentra variaciones en el período con la amplitud? ¿A partir de qué valor de amplitud? Discuta el resultado a partir de lo tratado en las clases teóricas.

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

En la elaboración del informe incluya los gráficos  $T$  vs.  $l$  y  $T^2$  vs.  $l$ , con los valores registrados. ¿Podría extraer el valor de la aceleración de la

gravedad de alguno de estos gráficos? Desarrolle su respuesta.

c) Dependencia con la masa del péndulo: manteniendo constante la longitud del péndulo, repita la medición cambiando la masa suspendida. Construya una tabla con los resultados obtenidos.

3- Ejercicio – segunda parte: Aceleración de la gravedad.

a) Repitiendo los valores de alguna de las mediciones del ejercicio anterior (para longitud del hilo, masa y amplitud de oscilaciones), mida el período de oscilaciones en Júpiter. En particular reconstruya los gráficos  $T$  vs.  $l$  y  $T^2$  vs.  $l$ .

¿Qué conclusiones puede extraer de estas mediciones?

¿Qué comparaciones puede establecer entre valores de Tierra y Júpiter?

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.

## **Apéndice B**

### **Guía de trabajos prácticos.**

### **Período del péndulo ideal**

### **Aceleración de la gravedad.**

### **(realidad material)**

1) Elementos disponibles.

En este práctico Ud. trabajará con un conjunto de péndulos (consulte al encargado de aula los detalles de armado si fuese necesario) formados por un alambre que sujeta un objeto de hierro. La construcción permite aproximar el comportamiento de estos péndulos por un péndulo ideal. Los péndulos disponibles tendrán distintas longitudes.

Dispondrá además de un cronómetro para la medición del tiempo. Practique con el dispositivo para determinar sus tiempos de respuesta y estimar así los errores de medición de tiempo que pudiere cometer.

Identifique la posición de equilibrio del péndulo y márquela adecuadamente. Esto será de importancia para la medición del período de oscilación del péndulo.



2- Ejercicio – primera parte: período de oscilaciones.

Para la medición del período de oscilaciones, aparte el péndulo de la posición de equilibrio y libérela.

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 mejor valor aproximado del período de oscilaciones se sugiere tomar el tiempo de más de una oscilación (¿porqué?).

Para poder estimar el error cometido en la medición se sugiere repetir el proceso varias veces. Enuncie el criterio para la estimación del error en su informe.

a) Dependencia del período con la amplitud: aparte la masa de la posición de equilibrio, libere y mida el período de oscilación. Repita la operación con distintos valores de amplitud y consigne los valores en una tabla, consignando amplitud y período (convendrá consignar la amplitud en radianes). ¿Encuentra variaciones en el período con la amplitud? ¿A partir de qué valor de amplitud? Discuta el resultado a partir de lo tratado en las clases teóricas.

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

En la elaboración del informe incluya los gráficos  $T$  vs.  $l$  y  $T^2$  vs.  $l$ , con los valores registrados. ¿Podría extraer el valor de la aceleración de la gravedad de alguno de estos gráficos? Desarrolle su respuesta.

¿Tiene importancia el valor de la masa suspendida? Comente y sugiera un método de verificación.

¿Dependerá el resultado de sus mediciones del planeta en que se realicen? Por ejemplo Júpiter y la Tierra.

Mediante estas mediciones, ¿qué propiedades de los planetas puede comparar?

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

El autor agradece 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<sup>a</sup> 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. 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>

7. Compadre en

<http://www.compadre.org/OSP>

8. Phet en

<http://www.phet.colorado.edu/en/simulations>

9. Myphysicslab en

<http://www.myphysicslab.com>.

10. 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.

11. Cramer, P.G. y De Meyer, G. (1997). “The philosophy of the Virtual Laboratory”.

[http://www.vlabs.net/philos/vlart\\_g.html](http://www.vlabs.net/philos/vlart_g.html)

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.