

La Galería de Galileo: Videos de experimentos para la enseñanza de la Física *

Galileo's Gallery: recordings of experiments for teaching Physics

A Galeria do Galileo: Vídeos de experimentos para ensino da física

Francisco Vera^a, Rodrigo Rivera^a, Raúl Fuentes^b

^aPontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Universidad 330, Curauma, Valparaíso. Telf.: 032-2274884.
Correo electrónico: fvera@ucv.cl

^bDepartamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María, Casilla 110-V, Valparaíso, Chile.

RESUMEN

El proyecto Fondef TicEdu “La Galería de Galileo: Experimentos Interactivos de Física para la Enseñanza Media” busca apoyar el proceso enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Física en establecimientos municipalizados de enseñanza media. Para ello construimos una galería de videos de experimentos y un conjunto de guías de carácter indagatorio para que el profesor las utilice al enseñar los contenidos de Física. De esta forma, la posibilidad de enseñar Física a través del análisis de situaciones experimentales simples grabadas en video permite paliar, en parte, la ausencia de laboratorios en los colegios, entregando a los profesores una herramienta que les permite contextualizar sus clases, y que permite a los alumnos aprender en base a la indagación, haciendo predicciones, formulando hipótesis y contrastándolas luego con los resultados de los experimentos.

Palabras clave: indagación científica, videos de experimentos, experimentos de física.

ABSTRACT

The Fondef TicEdu project “La Galería de Galileo: Experimentos Interactivos de Física para la Enseñanza Media” aims to support the teaching-learning process in physics courses in public high-schools of Chile. Aiming to this purpose we built a gallery of experimental situations videos, along with inquiry-based guides, which will be used by teachers in their classes. In this way, the possibility of teaching Physics through the analysis of simple experiments makes it possible to alleviate in part the absence of laboratories in Chilean high schools, thus providing teachers with a tool that allows them to contextualize their classes and that allows the students to learn in an inquiry-based environment, making predictions, formulating hypothesis and testing them against the results of experiments.

Keywords: scientific inquiry, videos of experiments, physics experiments.

RESUMO

O projeto FONDEF TicEdu "A Galeria de Galileo: Experimentos Interativos em Física para o Ensino Médio" tem o objetivo de apoiar o processo de ensino e aprendizagem na disciplina de Física nas escolas municipais do ensino médio no Chile. A proposta baseia-se na produção de uma série de vídeos com um conjunto de experiências orientadas ao desenvolvimento da capacidade de pesquisa dos alunos. Os professores poderão utilizar o conteúdo dos vídeos para ensinar e discutir conceitos de Física nas suas aulas, através da análise de situações experimentais simples filmadas que permitem aliviar parcialmente a falta de laboratórios nas escolas. Assim, esta abordagem pedagógica baseado na análise do problema amplia e expande a capacidade dos alunos em fazer previsões, formular hipóteses e, em seguida, compará-los com os resultados das experiências.

Palavras chave: indagação científica, vídeos de experiências, experiências de física.

* Proyecto Fondef Tic Edu TE10I012

1. INTRODUCCIÓN

El Grupo de Tecnología Educativa de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso ha estado desde hace varios años preocupado de generar innovaciones para avanzar hacia una educación de mejor calidad. Un primer esfuerzo en esta dirección fue modernizar los laboratorios de docencia de nuestra universidad, masificando el uso de videos como instrumento de medición y el desarrollo de tecnologías modernas que permiten aumentar a un bajo costo el número de experiencias de laboratorio que se pueden utilizar con los alumnos. El proyecto La Galería de Galileo permitió extender nuestros esfuerzos hacia establecimientos de enseñanza media, incorporando el uso de las TIC en el aula a través del uso de videos de experimentos para las clases de Física y una metodología de enseñanza basada en la indagación.

El fruto de este proyecto fue la creación del DVD *La Galería de Galileo* con más de 150 videos de experimentos de Física para la Enseñanza Media que cubre los contenidos de Física de 2° medio: El Movimiento, 3° medio: Mecánica, 3° medio: Fluidos. Para cada uno de los contenidos abordados se grabaron experimentos y se diseñaron guías de actividades para el alumno, estructurando una posible columna vertebral para el desarrollo de una clase completa de dos horas pedagógicas, con la flexibilidad necesaria para que el docente pueda adaptar dichas actividades a su propia realidad. El DVD es un producto de uso público que fue probado a nivel piloto en la región de Valparaíso y se puede acceder a él desde el sitio www.GaleriaGalileo.cl. Esperamos que su libre distribución contribuya a mejorar la calidad de la enseñanza de la Física en nuestro país.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El proyecto se sustenta en dos pilares ampliamente estudiados en la literatura de investigación en educación en física (PER, Physics Education Research), a saber: la efectividad del uso de TIC en la mejora de aprendizajes de los estudiantes, y la efectividad de la indagación o metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular. La motivación para llevar a cabo esta propuesta, se basa en los resultados que han sido reportados en la literatura durante los últimos 30 años, los cuales indican que los estudiantes de cursos básicos de física completan esta asignatura sin lograr una comprensión funcional de conceptos básicos, vale decir, sin ser capaces de aplicar dichos conceptos a situaciones novedosas y sencillas. Una revisión general de la literatura reciente, que incluye comentarios relevantes al respecto, está dada en el artículo Resource Letter on Physics Education Research (McDermott y Redish, 1999). También es relevante el trabajo Millikan Lecture 1991: What we teach and What is learned – Closing the gap (McDermott, 1991) y las referencias que allí aparecen.

Muchos profesores suponen que la evaluación sumativa tradicional basada en problemas de desarrollo es suficiente para determinar si los alumnos saben aplicar correctamente los principios de la Física. Sin embargo, una cantidad sustancial de evidencia sugiere que una fracción importante de los estudiantes que resuelven con facilidad problemas estándar en Física, poseen una comprensión muy pobre de los conceptos físicos involucrados en la solución presentada (Mazur, 1997; McMillan III y Swadener 1991; Thacker *et al.*, 1991). Un ejemplo sorprendente en el ámbito de circuitos elementales con corriente continua se presenta en (McDermott and Shaffer, 1993), donde una pregunta conceptual relativa a circuitos en serie y en paralelo, que la mayoría de los físicos catalogaría como trivial, es respondida correctamente por apenas el 15% de los estudiantes, aun cuando la mayoría de ellos son capaces de resolver problemas matemáticamente mucho más complejos (Mazur, 1997). Para evaluar si se ha producido un aprendizaje significativo, se hace entonces necesario centrar nuestra atención en tareas de carácter conceptual, vale decir, en tareas que obliguen al estudiante a razonar cualitativamente sobre una situación física dada y a aplicar en ese contexto los conceptos básicos que se pretende enseñar. Uno de los objetivos fundamentales de la Investigación en Física en los últimos años ha sido, por lo tanto, el diseño de materiales y productos curriculares que apunten al desarrollo de dichas habilidades.

Se ha demostrado que un gran impedimento en la adquisición de nuevos conocimientos en ciencias es la existencia de preconcepciones, es decir, conocimientos erróneos previos fuertemente arraigados en los estudiantes y que son evocados fácilmente ante similitudes superficiales con la nueva situación que se está enfrentando. Estas características se mantienen, por lo general, después que el alumno ha recibido una enseñanza tradicional. De hecho, las preconcepciones son tan difíciles de erradicar, que cualquier forma de enseñanza en que el estudiante asuma un rol pasivo no logra modificarlas. Se ha demostrado además que el desempeño de los estudiantes en problemas conceptuales de carácter cualitativo no mejora, independientemente de la modalidad en que la enseñanza tradicional haya tenido lugar, ya sea en base a clases de tipo expositivas, uso de un texto guía, desarrollo de tareas o realización de un laboratorio tradicional (McDermott y Shaffer, 1993; McDermott *et al.*, 1994; McDermott and Shaffer, 1994; Shaffer and McDermott, 1992). Más bien, para que el alumno logre un aprendizaje significativo es necesario que el estudiante participe activamente en la construcción del conocimiento.

En los últimos años, parte importante del desarrollo en Educación en Física se ha dedicado a investigar formas de enseñanza que guían al estudiante en la propia construcción de conceptos y de líneas de razonamiento (inquiry based instruction, metodología indagatoria). Cuando dichas formas de enseñanza diseñan los conflictos cognitivos que el estudiante debe enfrentar en base a resultados de investigación que documentan dificultades conceptuales de los alumnos, los resultados obtenidos han demostrado ser exitosos en distintos contextos (ver por ejemplo el estudio realizado por Hake (1998) en el contexto de cursos de mecánica, y el texto de Redish (2003)). Para ejemplos específicos del resultado de currículos diseñados en base a resultados de investigaciones sobre dificultades conceptuales de los estudiantes ver McDermott *et al.*, (2002); Ambrose *et al.* (1999); Wosilait *et al.* (1998); O'Brien Pride *et al.* (1998); McDermott *et al.* (1996) y Shaffer and McDermott (1992).

Destaca en esta área el trabajo desarrollado por el Grupo de Educación de la Física (GEP), liderado por la profesora Lillian C. McDermott, de la Universidad de Washington. Basándose en el uso de la metodología indagatoria, incorporada a un proceso interactivo de Investigación en Educación en Física, el GEP ha diseñado dos currículos de amplia difusión: "Physics by Inquiry" (PBI) y "Tutorials in Physics" (TIP). Ambos currículos se enmarcan dentro del constructivismo y fomentan la construcción de conceptos científicos y líneas de razonamiento en forma activa por parte del alumno. Ambos están dirigidos, además, a estudiantes de nivel universitario. El primero de ellos, PBI, está dirigido a alumnos de Pedagogía en Física y está basado en actividades de laboratorio. El segundo de ellos, TIP, está dirigido a alumnos de los cursos introductorios de Física, y tiene como característica comparativa con PBI el que es de fácil adaptación a cursos que en la actualidad se centran en el enfoque tradicional. Una sesión de tutoriales pone el énfasis en conceptos básicos y habilidades de razonamiento. Cada tutorial se enfoca en un tópico específico en que se han encontrado dificultades apreciables por parte de los estudiantes. En estas sesiones los estudiantes trabajan desarrollando guías de trabajo que contienen ejercicios y situaciones físicas especialmente seleccionadas y cuidadosamente secuenciadas para enfrentar las dificultades conceptuales específicas ya detectadas. La metodología de trabajo supone la formación de grupos pequeños (4 o 5 estudiantes por grupo) en los cuales se fomenta la discusión entre los estudiantes del grupo. La función del profesor es la de guiar a los grupos a través de un diálogo semi-Socrático, formulando preguntas que orienten al estudiante en el desarrollo de los conceptos y las líneas de razonamiento que debe desarrollar. La metodología utilizada puede resumirse como predecir – confrontar – resolver. El primer paso consiste en obtener un pronunciamiento o predicción por parte del alumno frente a una situación física determinada. En seguida se produce el conflicto cognitivo, normalmente a través de un chequeo de las predicciones o de seguir las consecuencias que de ellas se desprenden, para finalmente ser guiado en la resolución de las contradicciones. Ejercicios adicionales proporcionan al estudiante la oportunidad de generalizar conceptos y de aplicar las ideas aprendidas a nuevas situaciones. La aplicación de ambos currículos (PBI y TIP) ha resultado exitosa en distintos contextos, y nuestro proyecto recoge lo mejor de ambas metodologías, en cuanto contempla el diseño de guías de trabajo basadas en los principios de la Metodología Indagatoria de TIP, pero adaptadas a un contexto de experimentos estimulantes similares a los utilizados en PBI y que usan las TICS a través de la metodología desarrollada por nuestro grupo para la obtención de coordenadas de objetos en movimiento.

Como antecedente importante, el Ministerio de Educación de Chile ha recogido la evidencia existente en la literatura y ha dado un fuerte impulso a la implementación de este tipo de iniciativas, esfuerzo que tiene como marco la Reforma Educacional del año 1998. Una experiencia relevante al respecto es el Programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación (Proyecto ECBI), cuya implementación es muy conocida en el país, y proporciona oportunidades de aprendizaje adecuadas para los alumnos a través de un contexto de experiencias que estimulan al estudiante y facilitan su acceso a un aprendizaje significativo.

Una diferencia importante de nuestro proyecto con el proyecto ECBI, es que este último se centra solamente en el ámbito de la Enseñanza Básica. Otra diferencia entre ambas propuestas dice relación con la logística necesaria para la implementación de ambos proyectos. El Proyecto ECBI requiere de un proceso logístico de distribución a las escuelas de los materiales necesarios para realizar las actividades, así como de un proceso de recolección de estos una vez terminada la aplicación del módulo para así poder ser nuevamente preparados antes de su uso en los otros cursos de la escuela o para ser enviados a otras escuelas. Gracias a la utilización de las TIC y de experimentos pregrabados, este proceso logístico no es necesario en nuestra propuesta, lo que facilita enormemente su reproducción a escala masiva.

3. RESULTADOS Y APORTE DEL PROYECTO

Muy pocos colegios cuentan con la posibilidad de realizar actividades experimentales asociadas a los contenidos mínimos obligatorios exigidos por el Ministerio de Educación. Además, los profesores, en general, no cuentan con guías de trabajo que permitan al alumno construir su conocimiento en base a experimentos sencillos, y sus posibilidades reales de incluir actividades experimentales son muy escasas debido al alto costo de los equipos de laboratorio.

Al usar un video del experimento es posible obtener fácilmente hasta 30 fotos por segundo con una resolución de 640 x 480 píxeles. A partir de la posición de los objetos en la pantalla, se deducen las posiciones reales de dichos objetos en el laboratorio, pudiéndose obtener así hasta 30 coordenadas de posición en una o dos dimensiones en cada segundo. Esta rapidez en la adquisición de datos y la resolución de cada imagen, permite el análisis de la mayoría de los experimentos típicos de laboratorios de física básica. Cabe hacer notar que esta rapidez y resolución es suficiente para analizar un objeto en caída libre desde una altura de 1,5 metros.

Nuestra propuesta metodológica hace que el uso de los materiales generados dentro del proyecto sea fácilmente escalable a nivel nacional. Además, muchos colegios cuentan con la infraestructura computacional necesaria para usar este material pedagógico en el aula, gracias a la inversión que se está llevando a cabo en el uso de las TIC por el Ministerio de Educación, en particular a través del programa Enlaces y de la iniciativa TIC en el Aula.

El desarrollo de los videos de experimentos del proyecto se hizo en colaboración estrecha con profesores de las dos corporaciones socias: la Corporación Municipal de Educación de Viña del Mar y la Corporación Municipal de Valparaíso para el Desarrollo Social. Durante el primer año de ejecución del proyecto, se realizaron reuniones con los profesores en colegios de las corporaciones en nuestra universidad y en dependencias de cada corporación. En el segundo año, gran parte de la capacitación de los profesores se realizó de manera personalizada cuando los monitores visitaban a cada profesor.

El producto se presentó físicamente como un DVD, el que se puede visualizar en formato web (ver Figura 1) usando un navegador y se encuentra disponible en: <http://www.GaleriaGalileo.cl>. Sus condiciones de uso son de tipo libre, pero se solicitó el registro de la marca y se dejó el DVD depositado en el registro de propiedad intelectual. Los principales beneficios para el usuario final son contar con videos de experimentos que permiten motivar la clase, y que al usarlos en conjunto con las guías, permiten realizar clases con una metodología indagatoria. El DVD fue enviado a duplicar a una empresa externa y fue distribuido ampliamente dentro de la región de Valparaíso.

Figura 1: DVD La Galería de Galileo



La experiencia lograda en el desarrollo de los videos de experimentos del Proyecto Fondef Tic-Edu “La Galería de Galileo”, provee una base empírica que muestra que es posible cubrir los contenidos mínimos obligatorios de enseñanza media de Mecánica, El Movimiento y Fluidos con experimentos sencillos de bajo costo. Un subconjunto de los experimentos, además de cumplir con su función de ser mostrados como videos a los alumnos, dio origen a actividades experimentales simples y entretenidas para su uso en el aula.

Los Objetivos Específicos del proyecto más relevantes eran: diseñar y producir videos de experimentos de Física; incorporar los videos en las clases de Física de la educación media; difundir la metodología indagatoria como modelo de enseñanza de la Física para los cursos de la educación media; e investigar la efectividad del análisis de videos de experimentos, en el marco de la metodología indagatoria y la metacognición, en el logro de un aprendizaje significativo. Estos objetivos están en concordancia con el análisis del marco teórico planteado previamente y con los resultados obtenidos por otros investigadores.

El pilotaje parcial del producto terminó a fines de agosto del 2012 y permitió evidenciar que el material generado cambia de manera conceptual el estilo de clases, que los profesores lo ven como un gran avance en términos de la mejora de las clases de Física y que los alumnos se sienten más motivados y logran aprender conceptos complicados cuando son sometidos a esta nueva metodología de enseñanza. Lamentablemente, y debido en gran medida a la reformulación de tres a dos años del proyecto original, no fue posible finalizar la elaboración de las guías

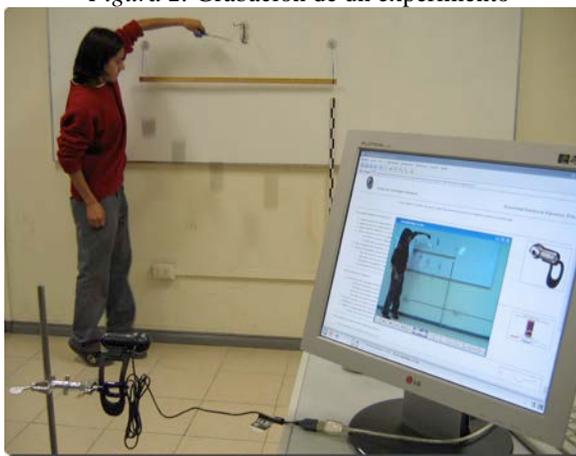
en los tiempos propuestos, lo que dificultó enormemente el pilotaje en aula del producto y la obtención de suficientes datos estadísticos para concluir si hubo cambios en el aprendizaje de los alumnos de enseñanza media. Sin embargo, al aplicar estas nuevas metodologías de enseñanza en cursos universitarios, se ha podido medir avances significativos en la comprensión de conceptos de Física. Al contrastar estos resultados con los resultados de clases normales de pizarrón, queda de manifiesto que el nivel de comprensión de conceptos que alcanzan los alumnos en una clase tradicional es muy bajo. En números, se ha medido que la ganancia porcentual de conceptos a lo largo de un semestre de una clase tradicional de Física es de alrededor de un 13%, mientras el de una clase que usa videos y metodologías de carácter indagatorio es de alrededor de un 50%. En los últimos dos años, las actividades de laboratorio han sido ejecutadas usando guías indagatorias con resultados similares, de forma paralela se ha realizado una clase tradicional para alumnos de primer año de ingeniería de nuestra universidad, proyectando y discutiendo algunos de los videos de experimentos de la galería logrando medir un avance conceptual de un 30%.

A la fecha, se han distribuido varios cientos de DVDs a profesores de Física y estudiantes de último año de Pedagogía en Física o Ciencias de todo el país, y realizado diversas charlas de divulgación y para avanzar en forma sistemática en la divulgación del DVD. En nuestra universidad, la adopción de los experimentos de la Galería de Galileo ha aumentado notablemente en el último tiempo. Finalmente, se están generando nuevas ideas de cómo aplicar el DVD o los experimentos que ahí aparecen para producir experimentos entretenedos para clases de Ciencia.

4. GRABACIÓN DE VIDEOS PARA CONFORMAR LA GALERÍA

Una escena típica del proceso de grabación de un video se puede ver en la Figura 2, donde un alumno deja caer, junto a una pequeña pelota, distintas cantidades de vasos de papel apilados, obteniendo así objetos de distinta masa y misma forma. El objetivo de este experimento es el estudio de la caída de objetos cuando el roce con el aire juega un papel importante, y proporciona una forma sencilla de estudiar los aspectos más importantes del funcionamiento de un paracaídas. La webcam está ubicada cerca de la esquina inferior izquierda de la imagen y la escena capturada por ésta se muestra en la pantalla del computador.

Figura 2. Grabación de un experimento



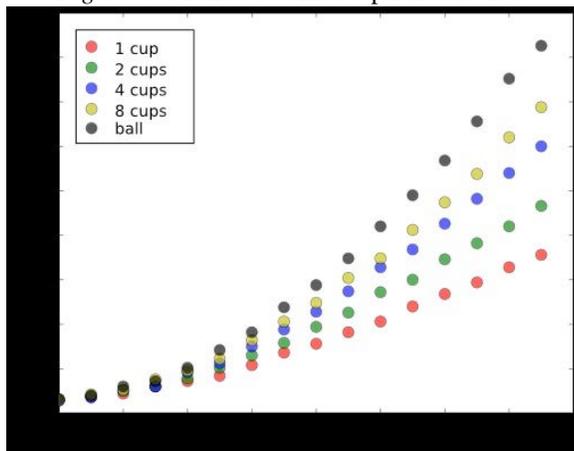
La Figura 3 muestra el resultado final donde la secuencia de imágenes del experimento se ha envasado dentro de una página web que incorpora código html y código javascript, los que permiten revisar la escena avanzando y retrocediendo de una manera fácil, además de permitir que los alumnos hagan click sobre los objetos en movimiento para capturar sus coordenadas de posición y tiempo, datos que luego pueden ser exportados, por ejemplo, hacia una planilla de cálculo (Vera y Romanque, 2009).

Figura 3. El video en formato web



Los resultados de graficar la coordenada y en función del tiempo t para los vasos de papel apilados y para la pelota se muestran en la Figura 4. En ellos se puede apreciar que todos los objetos al ser soltados desde el reposo se mueven inicialmente en caída libre y luego son afectados por el roce con el aire, produciendo que los más livianos alcancen antes su velocidad límite y, desde ahí, caigan con velocidad constante.

Figura 4. Gráfico obtenido a partir del video



Los videos entregados para su uso en colegios fueron desarrollados íntegramente por nuestro grupo y pueden ser usados libremente. Ello establece una gran diferencia con otros proyectos educativos de incorporación de TIC en el aula. El principal motivo para distribuir este trabajo libre de costo es que buscamos hacer un aporte sustantivo al sistema educacional, asimismo, la libre distribución del material generado dentro del proyecto, junto con la calidad de éste, permitirá la aceptación por parte de los docentes y facilitará la masificación de su uso dentro del país.

5. EJEMPLO DE GUÍA: PRIMERA LEY DE NEWTON

Las guías generadas dentro del proyecto están pensadas para ser proyectadas en una sala de clase tradicional y están diseñadas para que el profesor pueda guiar a los alumnos en una discusión del fenómeno observado. Al comienzo de cada situación se muestra el experimento, y luego de que el alumno hace predicciones se muestra el video del experimento y se discuten sus resultados. En esta sección, se reproducen ejemplos de algunas diapositivas de la guía para enseñar la Primera Ley de Newton.

Unidad: Primera Ley de Newton

¿Has observado que aunque intentes forzar el movimiento de un objeto, éste tiende a quedarse en reposo? ¿Has pensado alguna vez por qué es necesario el cinturón de seguridad en un automóvil para salvarte la vida en un accidente? En esta unidad intentaremos comprender uno de los principios físicos que permite entender de manera simple estas situaciones, principio conocido por los científicos como la Primera Ley de Newton.

Observa el video que muestra un globo con forma de Mickey Mouse lleno de agua que se encuentra colgando de una barra y que se revienta.

Observa las fotos 02 y 03 utilizando la barra de cuadros en la página web del video.

1. ¿Por qué crees tú que después de reventarse el globo, el agua queda en el aire manteniendo la forma original?



Actividad: La moneda y la tarjeta

En la siguiente imagen se muestra una tarjeta en reposo sobre el dedo de una mano y una moneda de cien pesos en equilibrio sobre la tarjeta.

Junto con tu compañero o compañera, reproduce la situación mostrada y sin tocar la moneda saca la tarjeta de forma tal que la moneda quede en reposo sobre el dedo.

Observa a continuación el video donde se muestra cómo mover la tarjeta para que la moneda quede en equilibrio sobre el dedo de la mano.

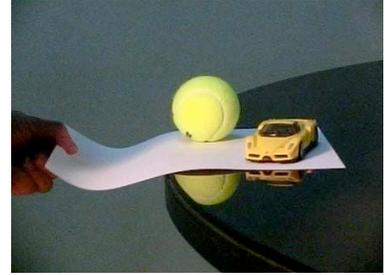


1. Opcional: Redacta junto con tu compañero o compañera de mesa una explicación breve que describa como debe moverse la tarjeta para que la moneda pueda quedarse en reposo. Prepárate para compartir tus conclusiones con el resto del curso.

Actividad: El truco del mantel

¿Has visto alguna vez el truco de magia en que un mago saca el mantel de una mesa sin que los platos caigan al suelo? Si buscas en You Tube: table cloth stunt dish, encontrarás muchos videos de este truco.

A continuación podrás realizar una versión simple de este truco: Coloca una hoja de papel sobre una mesa con uno de sus bordes sobresaliendo, de forma que puedas tomarla con facilidad. Esta hoja cumplirá la función de mantel, coloca un libro o cuaderno sobre la hoja. Sin tocar el libro intenta sacar la hoja y observa que ocurre con el libro.



Antes de ver este video, pueden realizar la competencia opcional que se detalla en la próxima actividad.

1. Explica cual es el truco para poder sacar el mantel sin mover los objetos sobre él.

Actividad: Reflexionando acerca de las actividades anteriores.

En las actividades La Moneda, La Tarjeta y El Truco del Mantel, estudiamos el movimiento de objetos que están inicialmente en reposo (la moneda y el libro).

1. Describe brevemente el movimiento de estos objetos después de sacar la tarjeta o el papel.

Para lograr que el objeto inicialmente en reposo no se moviera fue necesario que el movimiento de la tarjeta o del papel fuera muy rápido, de esa forma la fuerza realizada interactúa poco tiempo y no logra sacar al objeto de su estado de reposo.

Así, aunque la fuerza es distinta de cero, la situación es similar a la de un objeto inicialmente en reposo sobre el que no actúan fuerzas.

La Primera Ley de Newton describe la situación idealizada en que, sobre un objeto en reposo, no actúa ninguna fuerza.

Aún cuando la Primera Ley de Newton se enuncia para objetos sobre los cuales no actúan fuerzas, es común que su aplicación se extienda a aquellos casos en que no hay fuerzas que actúen en una determinada dirección. Piensa por ejemplo en un libro en reposo sobre una mesa. Debido a que no hay fuerzas que apunten en dirección horizontal el libro se mantiene sin moverse en esta dirección.

Primera Ley de Newton:

Si sobre un cuerpo en reposo no actúan fuerzas, entonces el cuerpo se mantiene en reposo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambrose, B.S., Shaffer, P.S., Steinberg, R.N. y McDermott, L.C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, 67, 146.
- Hake, R.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, 64-74.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- McDermott, L.C. (1991). Millikan Lecture 1991: What we teach and what is learned – Closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 4, 301.
- McDermott, L.C. y Shaffer, P.S. (1993). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60, 11, 994.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S. y Somers, M. (1994). Research as a guide for curriculum development: An illustration in the context of the Atwood's machine. *American Journal of Physics*, 62, 1, 46-55.
- McDermott, L.C. y Shaffer, P.S. (1994). Erratum to Part I. *American Journal of Physics*, 61, 1, 81.
- McDermott, L.C. y the Physics Education Group. (1996). *Physics by Inquiry*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- McDermott, L.C. y Redish, E.F. (1999). Resource Letter on Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67, 9, 755.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S. y the Physics Education Group. (2002). *Tutorials in Physics*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- McMillan III, C. y Swadener, M. (1991). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 8, 661-670.
- O'Brien Pride, T., Vokos, S. y McDermott, L.C. (1998). The challenge of matching learning assessments to teaching goals: An example from the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*, 66, 2, 147.
- Redish, E.F. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Shaffer, P.S. y McDermott, L.S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part II: Design of instructional strategies. *American Journal of Physics*, 60, 11, 1003.
- Thacker, B., Kim, E., trefz, K. y Lea, S. (1991). Comparing problem solving performance of Physics students in inquiry-based and traditional introductory Physics courses. *American Journal of Physics*, 62, 7, 627-633.
- Vera, F. y Romanque, C. (2009). Another Way of Tracking Moving Objects Using Short Video Clips. *The physics teacher*, 47, 370.
- Wosilait, K., Heron, P., Shaffer, P.S. y McDermott, L.C. (1998). Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow. *American Journal of Physics*, 66, 10, 906.