

# VENTAJAS DEL USO DE SIMULACIONES POR ORDENADOR EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

## ADVANTAGES OF USING COMPUTER SIMULATIONS IN PHYSICS LEARNING

Rute Amadeu

*Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa  
Agrupamento de Escolas de Benavente  
ruteamadeu76@gmail.com*

João Paulo Leal

*Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa  
Unidade de Ciências Químicas e Radiofarmacêuticas, Instituto Superior Técnico, Instituto Tecnológico e Nuclear 2686-953 Sacavém  
jpleal@itn.pt*

**RESUMEN:** La física es comúnmente considerada por los estudiantes como una materia difícil. Teniendo en cuenta la disminución del interés expresado por los estudiantes en este campo de estudio y el nivel de fracaso en los resultados de los exámenes verificados en los últimos años, es urgente encontrar estrategias para invertir esta situación. Este estudio tiene como objetivo contribuir a definir estrategias que los maestros profesores puedan adoptar para enseñar los temas de caída libre y el lanzamiento horizontal. El objetivo principal es enseñar mejor la física y reducir al mínimo las tasas de fracaso existentes en la disciplina abordando diferentes estrategias. El análisis de cuestionarios antes y después de enseñada la materia indica que el uso de simulaciones por ordenador origina una tasa de éxito más alta que si no se recurre a este instrumento.

**PALABRAS CLAVE:** simulación por ordenador, ambientes de aprendizaje, física, aprendizaje basado en ordenador, concepciones alternativas.

**ABSTRACT:** Physics is commonly considered among students to be a difficult subject. Given the declining interest expressed by students in this field and to the failure level found in examination results in last year's, it becomes urgent to find strategies to invert this situation.

This study aims to contribute to the definition of the best strategy to be adopted by teachers in delivering the free fall and horizontal launch subjects. The goal is improve the teaching quality and to minimize the failure rates existing in this discipline by using different strategies.

Analysis of the surveys before and after teaching the involved subjects shows that the use of computer simulations lead to a high success rate than when they are not used.

**KEYWORDS:** Computer simulation, learning environment, Physics, computer based learning, alternative conceptions.

Fecha de recepción: septiembre 2011 • Aceptado: abril 2013

Amadeu, R. y Leal, J.P. (2013): Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física, *Enseñanza de las Ciencias* 31 (3), pp. 177-188

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a percibir esta disciplina como un sistema coherente de conceptos y principios relacionados con el mundo físico. Durante las últimas dos décadas, sin embargo, la investigación realizada sobre enseñanza de la física ha demostrado que la mayoría de los estudiantes encuentran diversos factores que dificultan el aprendizaje de esta materia. Algunos de estos factores están directamente relacionados con los estudiantes, tales como ideas previas o alternativas sobre ciencia (Armenta, 2008; Talanquer, 2010), otros factores están relacionados con la forma como se enseña la física (Anzai y Yokoyama, 1984; Reif y Heller, 1982, citado por Ploetzner *et al.*, 2009).

En la enseñanza de esta materia, los educadores emplean con frecuencia representaciones alternativas, que incluyen desde descripciones de texto e imágenes de los fenómenos físicos a representaciones simbólicas y gráficas de conceptos y principios de la física (Ploetzner *et al.*, 2009). Diferentes representaciones pueden describir diversos aspectos de un fenómeno físico o un concepto de la física que no se pueden describir por medio de otras representaciones, y además se complementan entre sí de tal manera que el resultado son representaciones más completas. El uso de ordenadores ofrece la oportunidad adicional a los educadores de sacar provecho de las representaciones dinámicas utilizadas para representar tanto fenómenos físicos como conceptos de la física que cambien en el tiempo y el espacio (Ainsworth y VanLabeke, 2004, citado por Ploetzner *et al.*, 2009).

El crecimiento significativo de Internet y, en particular, de la *World Wide Web*, hace hoy día posible la transmisión de los documentos que contienen texto, sonido y vídeo. Con la introducción del lenguaje *Java*, se han podido añadir pequeños programas de multimedia a los documentos web. Por ello, tanto profesores como alumnos pueden sacar provecho de simulaciones muy interesantes que están disponibles gratuitamente en la Web (Martins, Fiolhais y Paiva, 2003).

Dada la oportunidad que existe de manejar el sistema y el proceso, una simulación por ordenador diseñada para enseñar conceptos de la ciencia puede verse como un análogo a los modelos que utilizan los científicos para resolver los problemas científicos. El uso educativo de las simulaciones por ordenador ofrece a los estudiantes la oportunidad de descubrir las propiedades de un modelo a través de la recopilación y el análisis de datos o de la información proporcionada por los programas de ordenador. Estas actividades tienden a promover en los estudiantes las habilidades para resolver problemas (Roschelle y Teasley, 1995, citado por Liu *et al.*, 2008).

Hoy en día es común ver que los profesores usan cada vez más los ordenadores en el aula con el fin de facilitar la comprensión de algunos conceptos complejos (Ding y Fang, 2009; Sengel y Ozden, 2010). Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de que las simulaciones por ordenador sean un activo en la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes, no son una garantía de éxito total.

A menudo se da por garantizado que el uso de diferentes representaciones en el ordenador basadas en distintos entornos de aprendizaje es beneficioso para el aprendizaje; sin embargo, un grupo cada vez más numeroso de investigadores especializados en educación y psicólogos defienden que la combinación de diferentes representaciones no solo podría no mejorar el aprendizaje, sino que incluso podría llegar a ser perjudicial para este (Ploetzner *et al.*, 2009; Trundle y Bell, 2010). En relación con este asunto, las opiniones son muy variadas: mientras que algunos sostienen que el uso de ordenadores en el aula no resulta útil y es poco probable que conduzca al éxito escolar, otros, por el contrario, consideran que los ordenadores y el uso de Internet pueden ser la clave para la solución de numerosas lagunas en el aprendizaje y abrirán nuevos horizontes. A pesar de esta disparidad de puntos de vista, existe consenso en un aspecto, el uso de simulaciones por ordenador por sí solo no sirve de nada, si no se refuerza en el aula por la ayuda del profesor.

Los estudios publicados sobre la forma en la que la simulación por ordenador mejora el rendimiento en el aprendizaje han dado resultados variados; algunos de ellos señalan que el aprendizaje basado en la simulación no mejora significativamente los resultados de los alumnos. Por otra parte, Carlsen y Andre (1992) declararon que no había ninguna diferencia significativa entre el aprendizaje basado en la simulación y la enseñanza basada en la narración. Algunos estudios han demostrado que la enseñanza basada en la narración fue más efectiva, mientras que otros indican las ventajas del aprendizaje basado en la simulación (Chang *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta estos resultados a priori tan contradictorios debemos entonces plantearnos, ¿bajo qué condiciones puede el aprendizaje basado en la simulación con ordenador mejorar los resultados de aprendizaje? Estudios previos revelaron que las siguientes actividades de apoyo al aprendizaje son beneficiosas para el aprendizaje basado en la simulación: proporcionar conocimientos previos, ayudar a los alumnos a formular hipótesis, realizar experimentos, interpretar los datos y regular el proceso de aprendizaje (Jong y Joolingen, 1998, citado por Chang *et al.*, 2008).

Aquí se analiza un estudio de caso con el fin de ver el efecto (beneficioso o no) del aprendizaje basado en la simulación. En la primera parte de nuestro estudio se examinan las simulaciones por ordenador que se utilizaron durante las clases. A continuación, se lleva a cabo el análisis de las investigaciones realizadas para determinar qué estrategias de enseñanza fueron más efectivas.

## LAS SIMULACIONES EN ORDENADOR USADAS EN EL ESTUDIO

Las posibilidades de usar los ordenadores como una herramienta pedagógica se han discutido desde hace varias décadas. Entre estas posibilidades, la simulación de experimentos de física ha sido la más explorada. La simulación de experimentos de física ha permitido el estudio incluyendo condiciones que serían difíciles, o incluso imposibles, de aplicar en la práctica. El uso de programas de simulación posibilita una mejor comprensión de algunos fenómenos físicos, ya que permite incluir elementos gráficos y animaciones en el mismo entorno. Esto, unido al interés de los estudiantes por las nuevas tecnologías podría hacer que el proceso de aprendizaje fuera más eficiente y agradable (Ding y Fang, 2009; Sengel y Ozden, 2010).

En este trabajo se presentan algunas simulaciones realizadas por ordenador que han sido diseñadas para la enseñanza de la física. Las simulaciones utilizadas se incluyen en un paquete titulado *The Physics Classroom* (The Physics Classroom, 2010).

### a) Caída libre

Esta simulación por ordenador permite a los estudiantes observar un cuerpo que cae en ausencia de la resistencia del aire. También permite a los estudiantes poner a prueba sus conocimientos respondiendo a algunas preguntas con verdadero o falso. En caso de duda, los estudiantes pueden ver las respuestas a estas preguntas y así superar sus dificultades.

Como se puede observar en la figura 1, en esta simulación por ordenador los estudiantes pueden ver dos cuerpos de masas diferentes en caída libre sin resistencia del aire. Llegan a la conclusión de que en estas condiciones los dos cuerpos cayeron al suelo al mismo tiempo, ya que solo están sujetos a fuerza de la gravedad. La figura 2 muestra a los estudiantes las respuestas a las preguntas anteriores. En caso de duda, se proporciona también una aclaración sobre el tema.

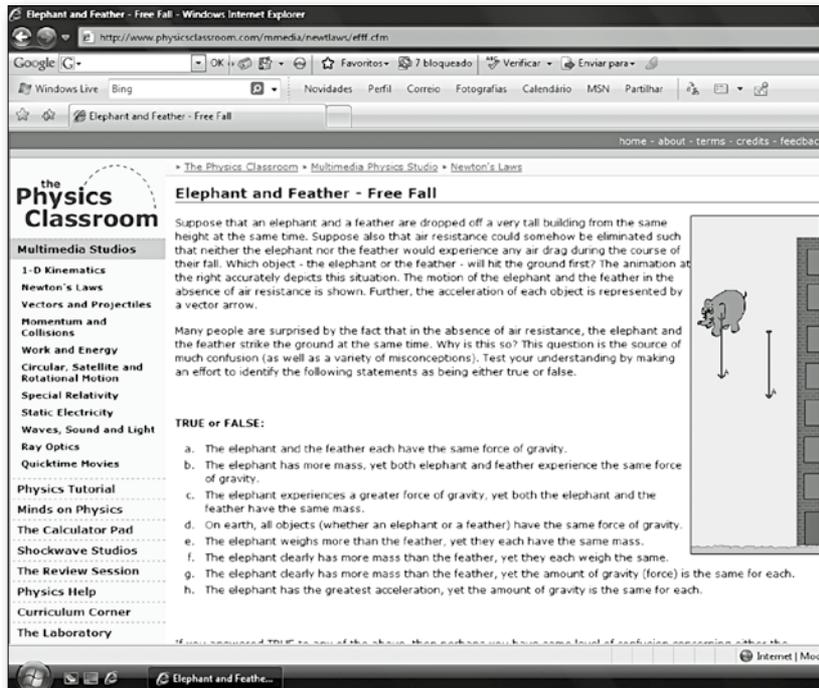


Fig. 1. El elefante y la pluma (caída libre).

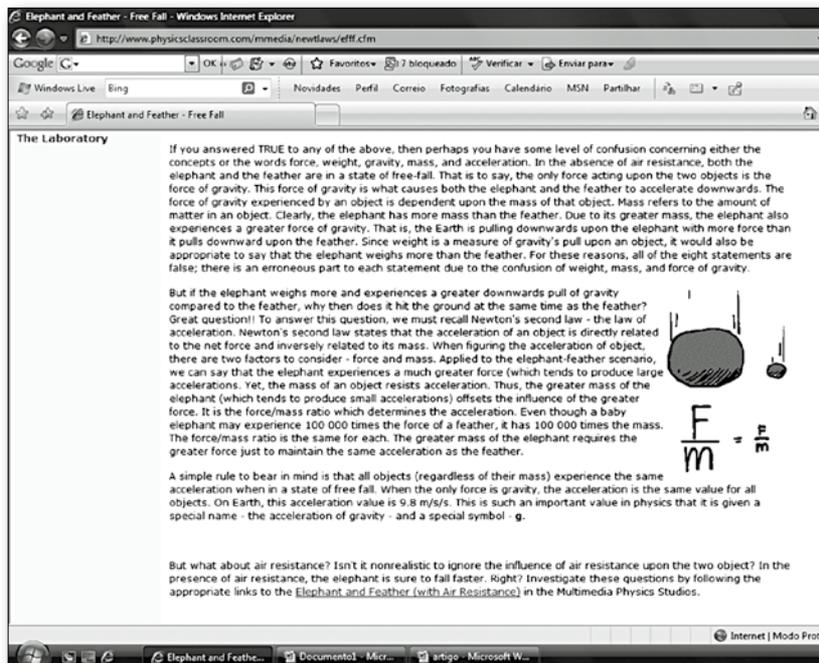


Fig. 2. Respuestas a las preguntas de verdadero o falso (véase figura 1).

La figura 3, tomada de esta simulación por ordenador, ilustra la caída de dos cuerpos de masas diferentes con resistencia del aire. Los estudiantes llegan a la conclusión, como se esperaba, de que el elefante golpea el suelo antes que la pluma, porque el elefante experimenta una mayor aceleración y

una velocidad final mayor que la pluma. Esto se debe a que la resistencia del aire afecta a la pluma en un grado mucho mayor de lo que afecta al elefante (Fishbane, Gasiorowicz, y Thornton, 1996).

Como se puede ver en la pantalla de esta simulación, los estudiantes pueden también responder a algunas preguntas para poner a prueba sus conocimientos sobre este tema. Al igual que ocurre en el caso de la caída libre sin resistencia del aire, los estudiantes pueden ver las respuestas a las preguntas y, en caso de duda, se proporciona también una aclaración sobre el tema.

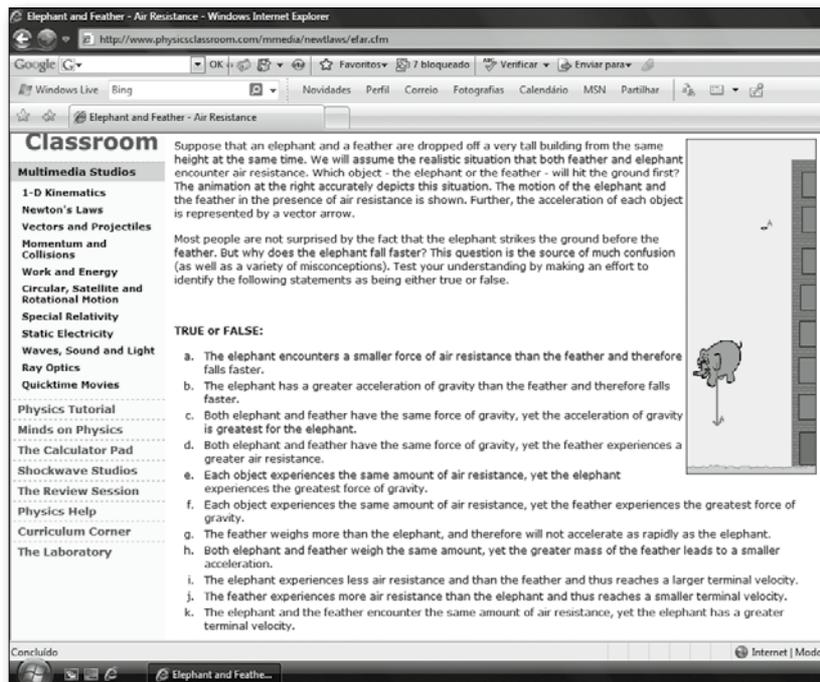


Fig. 3. La caída libre del elefante y de la pluma con resistencia del aire.

En la figura 4 se muestran a los estudiantes los diagramas de caída libre para el elefante y la pluma en diversos instantes durante el curso de su caída. Estos revelan que la pluma alcanza rápidamente la velocidad terminal, mientras que el elefante sigue acelerando durante toda la caída. Se espera que este tipo de explicación facilite a los estudiantes la comprensión de conceptos tales como la resistencia o la velocidad terminal.

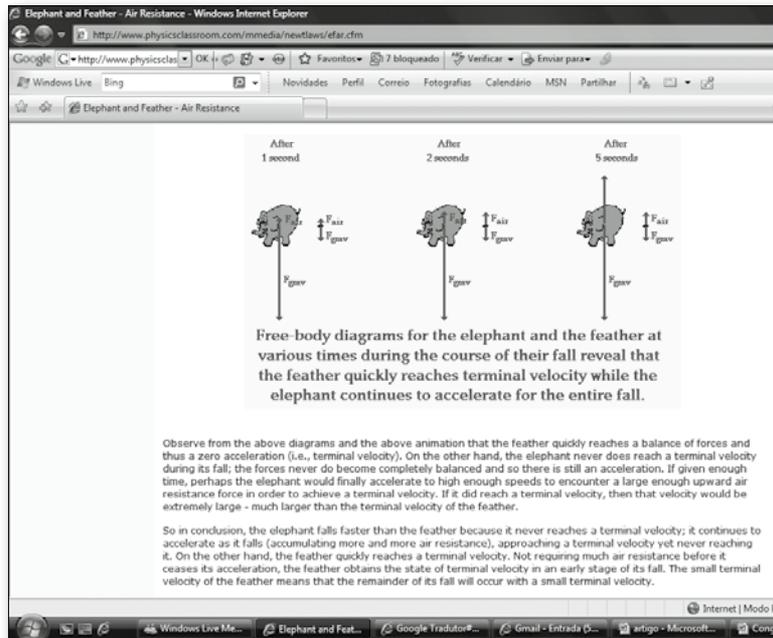


Fig. 4. Diagramas de cuerpo en caída libre para el elefante y la pluma en diferentes casos.

**b) Projectiles lanzados horizontalmente (tiro horizontal)**

La figura 5 representa lo que los estudiantes pueden ver sobre el movimiento de un cuerpo lanzado horizontalmente. También se puede ver cómo la velocidad del cuerpo cambia con el tiempo. Al igual que en las anteriores, esta simulación da una explicación para este tipo de movimiento en caso de que los estudiantes tengan dudas.

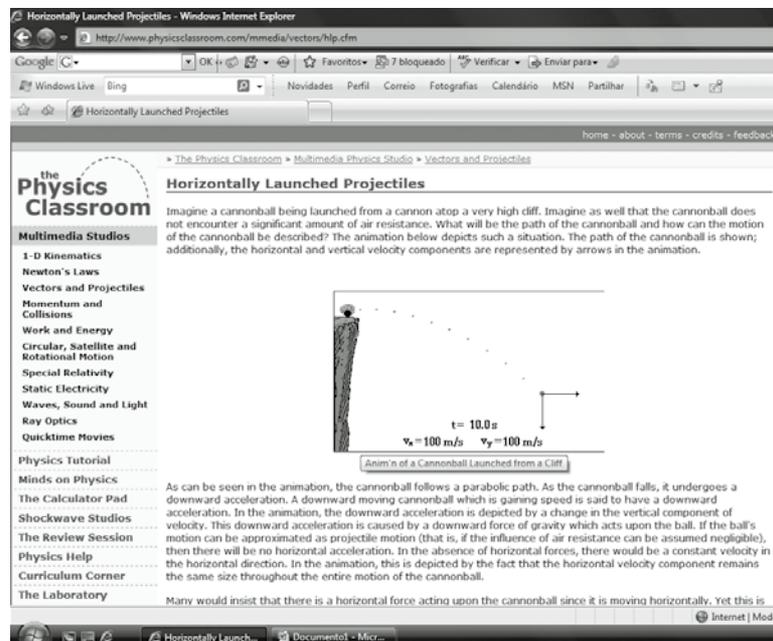


Fig. 5. Projectiles lanzados horizontalmente.

## METODOLOGÍA

En este trabajo se han estudiado dos grupos de alumnos correspondientes al 11.º año del sistema de escolarización de Portugal (Programa Portugués, 2011). Serán designados como grupos A y B respectivamente.

La muestra está compuesta por un total de 48 estudiantes de ambos sexos. La clase A está formada por 27 estudiantes de entre 16 y 20 años (edad media de  $17,26 \pm 1,23$ ), de los cuales 10 han repetido curso alguna vez. La clase B está compuesta por 18 alumnos de 16 a 19 años (edad media de  $16,50 \pm 0,86$ ), de los que solo un estudiante ha repetido curso con anterioridad.

Los cuestionarios utilizados se realizaron en las dos clases antes y después de abordar el tema. Es importante recordar que en la clase A el tema se enseñó utilizando únicamente el método de enseñanza tradicional, mientras que en la clase B, además de los métodos de enseñanza tradicionales, se utilizaron simulaciones por ordenador.

Los cuestionarios fueron realizados minutos antes de la introducción del tema, con el fin de entender lo que los estudiantes tenían como ideas preconcebidas, y después de la exposición del tema, con el fin de verificar si el contenido había sido captado por los alumnos correctamente.

El procesamiento de datos y análisis se realizó con SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 17.0.

## PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las preguntas realizadas a los estudiantes, mientras que en la tabla 2 se pueden ver los resultados estadísticos obtenidos de los cuestionarios de las clases A y B. Con el fin de facilitar el análisis de las respuestas a cada pregunta, la respuesta correcta se encuentra en una línea sombreada, y la modificación en el número de respuestas correctas antes y después de las clases se recogen en la tabla 3.

Tabla 1.  
Preguntas planteadas a los estudiantes en la investigación

<i>Pregunta 1</i>	Un cuerpo situado cerca de la superficie cae en caída libre. ¿A qué tipo de movimiento está sometido el cuerpo?
<i>Pregunta 2</i>	Dos objetos de masas diferentes se dejan caer al mismo tiempo y desde la misma altura en ausencia de resistencia del aire. ¿Cuál de estos objetos choca con el suelo en primer lugar?
<i>Pregunta 3</i>	Si un objeto se deja caer, mientras que otro de igual masa es lanzado horizontalmente, en ausencia de resistencia del aire, ¿cuál llega al suelo primero?
<i>Pregunta 4</i>	Un paracaidista, después de la apertura del paracaídas, es un ejemplo de caída libre.
<i>Pregunta 5</i>	Si un objeto es lanzado horizontalmente, en ausencia de resistencia del aire, solo está sometido a la fuerza de la interacción gravitatoria.
<i>Pregunta 6</i>	Si un objeto es lanzado horizontalmente, en ausencia de resistencia del aire, la componente horizontal de la velocidad se mantiene constante porque no hay una fuerza que actúe en esta dirección.
<i>Pregunta 7</i>	En el lanzamiento horizontal de un cuerpo en ausencia del aire el movimiento puede ser estudiado en dos direcciones perpendiculares: el movimiento es uniformemente acelerado en la vertical y uniforme en la horizontal.

Tabla 2.  
Frecuencia y porcentaje de las respuestas de los estudiantes  
a las diversas preguntas de la investigación. Para cada pregunta la respuesta correcta está sombreada

	CLASE A				CLASE B			
	Antes de que el tema se enseña		Después de que el tema se enseña		Antes de que el tema se enseña		Después de que el tema se enseña	
<i>Pregunta 1</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Movimiento uniforme	3	11,1	1	3,7	2	11,1	0	0,0
Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado	22	81,5	25	92,6	13	72,2	18	100,0
Movimiento rectilíneo uniformemente retardado	2	7,4	1	3,7	3	16,7	0	0,0
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 2</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
El de mayor masa	13	48,1	5	18,5	11	61,1	2	11,1
El de menor masa	1	3,7	2	7,4	2	11,1	0	0,0
Caen al piso al mismo tiempo	12	44,4	20	74,1	4	22,2	16	88,9
Ninguna de las opciones	1	3,7	0	0,0	1	5,6	0	0,0
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 3</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Caída libre	19	70,4	6	22,2	10	55,6	0	0,0
Lanzado horizontalmente	2	7,4	3	11,1	0	0	1	5,6
Caen al piso al mismo tiempo	6	22,2	18	66,7	6	33,3	17	94,4
Ninguna de las opciones	0	0,0	27	100,0	2	11,1		
Total	27	100,0	6	22,2	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 4</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Verdadero	3	11,1	8	29,6	5	27,8	6	33,3
Falso	24	88,9	19	70,4	13	72,2	12	66,7
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 5</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Verdadero	16	59,3	16	59,3	7	38,9	16	88,9
Falso	11	40,7	11	40,7	11	61,1	2	11,1
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 6</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Verdadero	12	44,4	15	55,6	10	55,6	13	72,2
Falso	15	55,6	12	44,4	8	44,4	5	27,8
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0
<i>Pregunta 7</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Verdadero	15	55,6	15	55,6	13	72,2	13	72,2
Falso	12	44,4	12	44,4	5	27,8	5	27,8
Total	27	100,0	27	100,0	18	100,0	18	100,0

Tabla 3.  
Porcentaje de respuestas correctas para cada pregunta, antes  
y después de exponer el tema, y el cambio en los valores correspondientes

	CLASE A <i>Porcentaje de respuestas correctas</i>				CLASE B <i>Porcentaje de respuestas correctas</i>			
	Antes	Después	Cambio absoluto	Cambio diferencial <sup>a</sup>	Antes	Después	Cambio absoluto	Cambio diferencial <sup>a</sup>
<i>Pregunta 1</i>	81,5	92,6	11,1	60,0	72,2	100,0	27,8	100,0
<i>Pregunta 2</i>	44,4	74,1	29,7	53,4	22,2	88,9	66,7	85,7
<i>Pregunta 3</i>	22,2	66,7	44,5	57,2	88,9	94,4	5,5	49,5
<i>Pregunta 4</i>	88,9	70,4	-18,5	-20,8	72,2	66,7	-5,5	-7,6
<i>Pregunta 5</i>	59,3	59,3	0,0	0,0	38,9	88,9	50,0	81,8
<i>Pregunta 6</i>	44,4	55,6	11,2	20,1	55,6	72,2	16,6	37,4
<i>Pregunta 7</i>	55,6	55,6	0,0	0,0	72,2	72,2	0,0	0,0

<sup>a</sup>Véase la definición en el texto.

El análisis de la tabla 3 lleva a la conclusión de que, en todos los casos excepto uno (pregunta 4), los resultados son iguales o mejores después de exponer la lección para los dos grupos; este resultado era de esperar siempre que la lección fuese correctamente enseñada. La mejora parece más significativa en la clase B, en la que se utilizaron simulaciones por ordenador, y cuando no se observó un cambio significativo se debe probablemente a un alto valor en el número inicial de respuestas correctas, como ocurrió en la pregunta 3. Para ver claramente las diferencias observadas, se han considerado en la tabla 3 el cambio en el porcentaje de respuestas correctas, pero también el cambio diferencial definido de acuerdo con la ecuación 1, que considera el aumento (o descenso) verificado como parte del aumento posible considerando el valor inicial de respuestas correctas.

$$\begin{aligned}
 \text{Cambio diferencial} &= 100 \cdot \text{Cambio} / (\text{Cambio posible}) \quad (1) \\
 &= 100 \cdot \text{Cambio} / (100 - \text{Valor Inicial}) \quad (\text{si es mejor}) \\
 &= 100 \cdot \text{Cambio} / (\text{Valor Inicial}) \quad (\text{si es peor})
 \end{aligned}$$

A través del análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios se puede observar que, en la pregunta 1, el uso de simulaciones por ordenador permite una tasa de éxito del 100% en la clase B, que contrasta con lo ocurrido en la clase A, donde solo se utilizó el método tradicional.

La segunda pregunta causó cierta confusión en los estudiantes, ya que tienden a reproducir lo que se puede observar en su vida cotidiana. Después de observar la simulación casi todos los alumnos fueron capaces de superar sus dificultades.

La pregunta 4 se ha manifestado como una cuestión por resolver. El tema (la caída en paracaídas) debe ser abordado de una manera diferente, ya que de la forma en que se hace actualmente no resulta fácil de comprender para los estudiantes en ambos casos (tanto con el uso de la simulación como sin ella).

En la pregunta 5, la tasa inicial de respuestas correctas es mayor en la clase A. Esto puede ser debido al hecho de que hay más estudiantes repetidores en esta clase. Sin embargo, después de enseñar la materia, la clase B alcanzó un número más alto de respuestas correctas, lo que demuestra la eficiencia del uso de las simulaciones.

En la pregunta 6 se encontró que la simulación presentada en la figura 5 supuso una ventaja, porque permitió a los estudiantes observar la descomposición del vector velocidad, que siempre les causa cierta confusión. Curiosamente, en la pregunta 7 las respuestas acertadas no muestran cambios antes y después de la exposición del tema, tanto en el grupo A como B.

El grupo A tiene una tasa de éxito en porcentaje de  $57 \pm 23$  al inicio, que aumenta hasta  $68 \pm 13$  después de abordar el tema. El grupo B tiene valores de  $60 \pm 23$  y  $83 \pm 13$  para los mismos valores. El cambio en el grupo B (23) es más del doble que en el grupo A (11). Si las respuestas a la pregunta 4 (atípicas) no fueran consideradas, los cambios en los dos grupos serían 16 para el grupo A y 28 para el grupo B. En cualquier caso, el grupo B tiene resultados significativamente mejores. Si el análisis utiliza el cambio diferencial, los cambios diferenciales medios de los dos grupos serán 24,3% y 49,5% (para el grupo A y B, respectivamente), lo que indica una conclusión idéntica.

En general, se observa que los estudiantes aprenden mejor los conceptos físicos relacionados con el lanzamiento horizontal y la caída libre cuando se recurre a simulaciones por ordenador. Este hecho puede ser debido a una mayor motivación de los estudiantes relacionada con la utilización de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, herramientas que dominan con soltura. Otra razón puede encontrarse en el hecho de que con la simulación pueden ver más concretamente algo que es muy abstracto para ellos.

## CONCLUSIONES

La discrepancia entre la intuición y la realidad física de la caída de los cuerpos es algo sorprendente. Uno podría esperar que, debido a la experiencia cotidiana, los estudiantes tuvieran ideas bastante precisas sobre el movimiento de objetos en situaciones familiares. Incluso se podría suponer que los estudiantes tienen un conocimiento informal de los principios generales que rigen los objetos en movimiento. Estudios sobre la naturaleza, el desarrollo y la aplicación del conocimiento sobre el movimiento indican que muchos estudiantes tienen ideas sorprendentemente erróneas acerca del movimiento de los objetos en circunstancias aparentemente simples (McCloskey, 1983). Por lo tanto, es responsabilidad de los profesores implementar nuevas estrategias con el fin de tratar de superar estos conceptos erróneos de los estudiantes y llevarlos al éxito.

Una de las razones apuntadas para el fracaso detectado en el aprendizaje de la Física es el uso de viejos y equivocados métodos de enseñanza. La necesidad de diversificar los métodos para atajar el fracaso pedagógico condujo a la creciente utilización de la informática en la enseñanza de la Física. Actualmente, esta herramienta ofrece diversas posibilidades para ayudar a resolver estos problemas. Aunque el balance de la utilización de los ordenadores en la educación es claramente positivo, quedan todavía muchas cuestiones por resolver. Según Fiolhais y Trindade (2003), a pesar de las potencialidades del uso de los ordenadores, estos no son la llave mágica del éxito.

El uso de simulaciones por ordenador aparece como una estrategia para mejorar el proceso de aprendizaje y reducir las tasas de fracaso. Las simulaciones por ordenador son, sin duda, un excelente complemento para el método de enseñanza tradicional, ya que permiten a los estudiantes ver actividades que de otro modo no podrían ser implementadas. Aunque las simulaciones no deben sustituir a la realidad que representan, son muy útiles para hacer frente a experimentos difíciles o imposibles de conseguir en la práctica, porque son demasiado caros, peligrosos o incluso demasiado lentos (Fiolhais y Trindade, 2003).

De acuerdo con nuestra investigación y en línea con otros estudios efectuados (Bozkurt y Ilik, 2010; Ünlü y Dökme, 2011; Ding y Fang, 2009), el uso de simulaciones puede mejorar el aprendizaje de la Física en muchos aspectos. Sobre la base de los resultados obtenidos, el uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física es recomendable para todos los estudiantes, pero especialmente cuando se aplica a estudiantes con diferentes capacidades de razonamiento abstracto.

## RECONOCIMIENTOS

Muchas gracias al doctor José María de La Rosa (ITN) por su revisión del texto en castellano y al doctor Tom Henderson, Science teacher en la Glenbrook South High School, Glenview, Illinois por la autorización para usar la simulación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMENTA, M. C. (2008). Some secondary pupils' preconceptions of basic concepts. *Enseñanza de las Ciencias*, 26, pp. 227-243.
- BOZKURT, E. e ILIK, A. (2010). The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, pp. 4587-4591.
- CARLSEN, D. y ANDRE, T. (1992). Use of the microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-Based Instruction*, 19, pp. 105-109.
- CHANG, K.; CHEN, Y.; LIN, H. y SUNG, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51, pp. 1486-1498.
- DING, Y. y FANG, H. (2009). Using a simulation laboratory to improve physics learning: a case exploratory learning of diffraction grating. *Proceedings of the First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Vol. III, pp. 3-6.
- FIOLHAIS, C. y TRINDADE, J. (2003). Física no Computador: O computador como uma ferramenta no ensino a na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3).
- FISHBANE, P.; GASIOROWICZ, S. y THORNTON, S. (1996). *Physics for Scientists and Engineers*. New Jersey: Prentice Hal, Inc.
- LIU, H.; ANDRE, T. y GREENBOWE, T. (2008). The impact of learner's prior knowledge on their use of chemistry computer simulations: a case study. *J Sci Educ Technool*, 17, pp. 466-482.
- MARTINS, A.; FIOLHAIS, C. y PAIVA, J. (2003). Simulações on-line no ensino da Física e da Química. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 11 (2).
- MCCLOSKEY, M. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*, 248 (4).
- PLOETZNER, R.; LIPPITSCH, S.; GALMBACHER, M.; HEUER, D. y SCHERRER, S. (2009). Students' difficulties in learning from dynamic visualisations and how they may be overcome. *Computers in Human Behavior*, 25, pp. 56-65.
- Programa Portugués (2011). En Portugal la instrucción pre Universidad es compuesto de doce años organizados en dos grandes bloques (básico -1.º al 9.º año, complementario- 10.º al 12.º año).
- SENGEL, E. y OZDEN, M. Y. (2010). The Effects of Computer Simulated Experiments on High School Students' Understanding of the Displacement and Velocity Concepts, *EGITIM ARASTIRMALARI-Eurasian Journal of Educational Research*, 10, pp. 191-211.
- TALANQUER, V. (2010). Intuitive thinking in Chemistry: implicit assumptions and heuristics, *Enseñanza de las Ciencias*, 28, pp. 165-174.
- The Physics Classroom package; disponible en línea <<http://www.physicsclassroom.com/>> (consultado en junio del 2010).
- TRUNDLE, K. C. y BELL, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study, *Computers & Education*, 54, pp. 1078-1088.
- ÜNLÜ, Z. K. y DÖKME, İ. (2011). The effect of combining analogy-based simulation and laboratory activities on Turkish elementary school students' understanding of simple electric circuits, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10, pp. 320-329.

---

# ADVANTAGES OF USING COMPUTER SIMULATIONS IN PHYSICS LEARNING

Rute Amadeu

Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa  
Agrupamento de Escolas de Benavente  
ruteamadeu76@gmail.com

João Paulo Leal

Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa  
Unidade de Ciências Químicas e Radiofarmacêuticas, Instituto Superior Técnico, Instituto Tecnológico e Nuclear  
2686-953 Sacavém  
jpleal@itn.pt

Physics is widely considered by students to be a difficult subject. Given the declining interest from students in this field and the high failure rate in examination results last year, it becomes urgent to find strategies to invert this situation.

The present study looks at the influence of the use of a simulation program for the study of free fall and horizontal launch as a supplementary media for teaching. It is based on the analysis of two surveys before and after teaching the subjects involved and applied to two classes (one of them using the simulations and the other not using them). These surveys are composed of seven questions, from very simple ones (Which type of movement is a body in free fall submitted to?) to more elaborated ones (Which object hits the ground first, one in free fall or one launched horizontally?). The reference class, with whom the simulation program was not used, will be termed class A, and the class where the simulation program was applied will be class B. Considering the set of seven questions, class A has a success percentage of  $(57 \pm 23)$  in the beginning (before the subject was taught) that increases to  $(68 \pm 13)$  after the lessons were delivered. Class B has values of  $(60 \pm 23)$  and  $(83 \pm 13)$ , respectively, before and after the lessons. The initial values are quite similar, but the observed change in class B (23) is more than twice the observed in class A (11). Another way of analyzing the results is by using differential change defined as a percentage of the change (increase or decrease) that can occur (equation 1).

$$\begin{aligned} \text{Differential change} &= 100 \cdot \text{Change} / (\text{Possible change}) && (1) \\ &= 100 \cdot \text{Change} / (100 - \text{Initial value}) && \text{if better than initial} \\ &= 100 \cdot \text{Change} / (\text{Initial value}) && \text{if worse than initial} \end{aligned}$$

Using this parameter, the average differential changes in the seven questions for classes A and B will be 24.3% and 49.5%, respectively, which will lead to a similar conclusion as if changes alone are used.

Discrepancies between intuition and physical reality concerning free fall and horizontal launching are remarkable. It seems everyday experience is not a very helpful tool in modeling reality. However, our study clearly shows that the use of computer simulations, where factor can be changed and the effect of variables can be trimmed, leads to a deeper understanding of the important parameters involved in this physical phenomenon. As a result, it also leads to a higher success rate in surveys about the subject than when they are not used.

However, it should be stressed that despite the fact that computer simulations are valuable auxiliaries, an active presence of the teacher, even only as a facilitator and conductor of students, is still mandatory for success.