

Propuesta de Aprendizaje Activo de la Física para comprender el movimiento de una pelota que rebota, apoyándose en simulaciones

EDVCAIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Rubén Sánchez Sánchez¹, Fermín Acosta Magallanes²

¹*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Calzada Legaria No. 694 Colonia: Irrigación, Alcaldía Miguel Hidalgo, C.P. 11500, Ciudad de México, México.*

²*Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, del Instituto Politécnico Nacional, Avenida Instituto Politécnico Nacional 2580, Colonia: La Laguna Ticomán, Alcaldía: Gustavo A. Madero. C.P. 07340, Ciudad de México, México.*

E-mail: rsanchezs@ipn.mx

(Recibido el 04 de mayo de 2024, aceptado el 23 de agosto de 2024)

Resumen

En este documento mostramos la manera de implementar la estrategia didáctica del Aprendizaje Activo de la Física para la enseñanza del movimiento de una pelota que rebota contra un suelo firme y plano, con un coeficiente de restitución dado. Las clases demostrativas interactivas son la forma adecuada de implementar el Aprendizaje Activo de la Física que tradicionalmente se utiliza con experimentos reales. Sin embargo, aquí, queremos proponer la implementación de una simulación para apoyar el proceso de la observación del fenómeno físico. Al utilizar un software que facilite la implementación de la simulación, podemos además controlar fácilmente las condiciones iniciales, y esperar que la lección sea asimilada de manera eficiente por los estudiantes. El profesor guiará y promoverá el razonamiento y la obtención del conocimiento necesario. De esta forma, los estudiantes estarán motivados para realizar una discusión constructiva sobre el fenómeno, y de esta forma impulsar la adquisición de los conceptos de la Física necesarios para comprender el movimiento de la pelota.

Palabras clave: Aprendizaje Activo de la Física, Mecánica, Movimiento clásico.

Abstract

In this paper we show how to implement the didactic strategy of Active Learning of Physics for teaching the movement of a ball that bounces against a firm and flat ground, with a given restitution coefficient. Interactive demonstration classes are the appropriate way to implement Active Physics Learning that is traditionally used with real experiments. However, here we want to propose the implementation of a simulation to support the process of observing the physical phenomenon. By using software that facilitates the implementation of the simulation, we can also easily control the initial conditions and expect the lesson to be assimilated efficiently by the students. The teacher will guide and promote reasoning and the acquisition of necessary knowledge. This way, students will be motivated to make a constructive discussion about the phenomenon and thus promote the acquisition of the concepts of physics necessary to understand the movement of the ball.

Keywords: Active Learning of Physics, Mechanics, Classical movement.

I. INTRODUCCIÓN

En este artículo describiremos la forma en cómo podemos implementar el apoyo de las simulaciones por computadora, en la metodología de enseñanza del Aprendizaje Activo de la Física [1]. Utilizamos como ejemplo una simulación que proviene de la Mecánica Clásica. Aquí utilizamos la simulación de una pelota que rebota sobre la superficie plana del suelo, dado que la pelota tiene un coeficiente de restitución, que actúa modificando su movimiento en cada rebote. El Aprendizaje Activo de la Física es un recurso didáctico que ha sido utilizado varias veces con éxito tanto en Estados Unidos como en México. Una de las formas más

conocidas de implementar el Aprendizaje Activo de la Física es mediante la implementación de una Clase Demostrativa Interactiva [2]. En las diversas etapas de la Clase se hace que el estudiante tenga una participación activa dentro de su proceso de enseñanza, y se logra captar su interés al emplear experimentos reales con el apoyo de equipo de laboratorio e instrumentos de medición que registran de manera electrónica el comportamiento del fenómeno físico. Por ejemplo, en Mecánica, se acostumbra tener sensores de movimiento y software especial para registrar y graficar posición velocidad y aceleración de los cuerpos que participen en el fenómeno del movimiento mecánico. Muchas veces, la adquisición del equipo adecuado no es posible, debido al bajo presupuesto con

el que cuentan las escuelas de educación pública. Este fenómeno social y económico es habitual en las escuelas de países en vías de desarrollo y sobre todo en escuelas públicas que no cuenten con financiación privada. En este breve trabajo, queremos proponer una alternativa al tradicional Aprendizaje Activo de la Física, ocupando para poder contar con las observaciones del fenómeno, software de simulación que permita registrar el mismo comportamiento, o un comportamiento muy fiel al fenómeno real.

El software no sólo permite la disponibilidad a una simulación bastante fiel al fenómeno real, sino que también permite que los estudiantes puedan modificar las condiciones iniciales o de frontera del mismo, permitiendo una educación bastante accesible, sino ofreciendo un control eficiente del experimento. En este trabajo exponemos como se puede llevar esta animación al terreno de la educación activa de la Física.

II. CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS

La forma tradicional de implementar el Aprendizaje Activo de la Física para ejemplos de la Mecánica Clásica, se logra a cabo con la ayuda tanto del equipo de laboratorio, como de un buen respaldo de sensores electrónicos de movimiento, que pueden registrar tanto posición, como velocidad y aceleración de los cuerpos que participen en el movimiento. Además se debe de contar con el material didáctico adecuado, como lo son las hojas de predicción, donde los estudiantes registran su propio pensamiento con relación al comportamiento de los cuerpos conforme evolucionan su movimientos. Este tipo de registros son guardados los pensamientos de los estudiantes para seguir el cambio conceptual que tengan los ellos durante su actividad en la Clase Demostrativa Interactiva.

Durante la clase al estudiante se le pide que escriba su propia descripción del movimiento, después el profesor ofrece una reproducción del fenómeno empleando equipo de laboratorio y utilizando sensores de movimiento para registrar posiciones, velocidades y aceleraciones de los objetos involucrados en el movimiento. De esta forma el verdadero movimiento es revelado por el experimento. En esta etapa se les invita a los alumnos a que formen pequeños grupos de entre tres y cuatro estudiantes para discutir sobre el fenómeno estudiado, después se les pide que un representante resuma las conclusiones de cada equipo. De esta forma las explicaciones de cada equipo son expuestas y confrontadas, finalmente se trata de llegar a una conclusión final y una forma de pensamiento y descripción del movimiento que mejor encaje con las observaciones. En caso de no llegar a un acuerdo la Clase Demostrativa Interactiva se vuelve a repetir, hasta que la mayoría del grupo capta el conocimiento correcto.

Toda esta metodología es una buena aproximación didáctica, que como se puede pensar es una buena práctica docente y esto a pesar de que exige el empleo de buenos recursos materiales para efectuar los experimentos, y que también requiere de la atención y el compromiso del estudiante para con su propio proceso de aprendizaje, haciendo que esta metodología requiera de mucho tiempo y esfuerzo, por parte tanto del profesor como de los estudiantes.

III. IMPLEMENTANDO LA SIMULACIÓN

Como ya se dijo antes, el aprendizaje Activo de la Física es una muy buena metodología didáctica. El objetivo aquí, es de modificar el curso normal de esta metodología, pero sin perder la calidad o el rigor que conlleva su realización en clase.

Para tomar en cuenta la fase de la observación del experimento y en este caso es el movimiento de una pelota que rebota sobre un suelo liso y plano. Se sugiere cambiar el equipo físico y los sensores por una simulación por computadora [3]. La ventaja de utilizar una simulación en lugar del fenómeno en sí, es la disponibilidad del material didáctico y la minorización de los costos de reproducción del fenómeno mecánico. Aquí, recomendamos utilizar un software de fácil manejo, que permita la modificación de las condiciones iniciales, y no demande mucho otros conocimientos técnicos, para su uso. Esta fue la inspiración para el desarrollo de herramientas didácticas que apoyen la enseñanza de la Física.

Este fue el caso del software Easy Java Simulations (EJS), creación del catedrático Francisco Esquembre de la Universidad de Murcia en España [4]. En su libro Creación de Simulaciones Interactivas en Java, expone la forma en como utilizar su software en la educación de la Física, ahí se pueden encontrar varios ejemplos de simulaciones. Podemos utilizar la simulación correspondiente a la de la pelota que rebota sobre un suelo firme y plano, otorgando a la pelota cierto coeficiente de restitución dado. Entre otras cosas se puede controlar la altura inicial de la pelota, el diámetro y su velocidad inicial, así como su altura inicial. Aquí se puede graficar su posición y la velocidad de la pelota cuando asciende o desciende, así como los cambios en su velocidad cuando rebota contra el suelo.

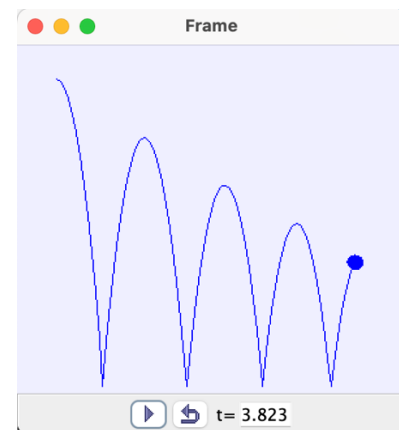


FIGURA 1. Se muestra los movimientos de una pelota que rebota contra el suelo, teniendo un coeficiente de restitución menor a la unidad. Se aprecia como la altura máxima que alcanza la pelota va disminuyendo poco a poco en cada rebote, pues pierde energía mecánica en cada rebote, misma que teóricamente se disipa en forma de calor.

Aquí mostramos algunos ajustes que podemos tomar para presentarlos en clase, para apoyar la etapa que generalmente corresponde a la reproducción del experimento en las Clases Demostrativas Interactivas.

En la figura 1 podemos revisar nuestras variables. Estas pueden modificarse por los estudiantes para tener diferentes condiciones iniciales, y con el fin de que ellos puedan explorar, como las condiciones iniciales afectan a la evolución del movimiento. También se sugiere cambiar el coeficiente de restitución de la pelota, para que el estudiante pueda apreciar como los movimientos de rebote de la pelota se afectan consistentemente con su coeficiente de restitución, revelando la forma en como el movimiento de la pelota se afecta entre sus rebotes.

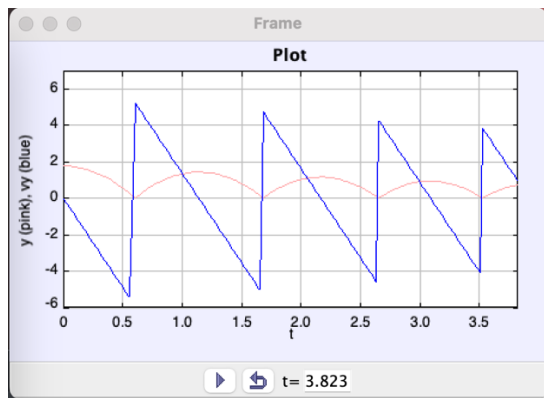


FIGURA 2. Se muestran dos gráficas para el movimiento de la pelota de la figura 1, la gráfica en rosa muestra la posición vertical de la pelota conforme avanza el tiempo, y la gráfica en azul muestra su rapidez instantánea en el eje vertical conforme transcurre el tiempo, ambas gráficas se pueden emplear para describir el movimiento de la pelota. La rapidez de la pelota se va disminuyendo con cada rebote.

Con estos ejemplos mostrados en las figuras, es que se puede seguir una aproximación a la fase de la observación del Aprendizaje Activo de la Física para este caso en particular.

En la figura 1 se nos muestra el movimiento de la pelota para un coeficiente de restitución menor a la unidad.

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
xmin	0	double	
xmax	2	double	
ymin	0	double	
ymax	2	double	
t	0	double	
dt	0.05	double	
g	9.8	double	
r	0.04	double	
e	0.9	double	
x	0.2	double	
vx	0.4	double	
y	1.8	double	
vy	0	double	

Comentario: Comentario Página rebote de pelota

FIGURA 3. Se muestran los valores de parámetros que caracterizan a la simulación con un coeficiente de restitución menor a la unidad. Podemos controlar la velocidad inicial de la pelota o su posición

inicial. Si cambiamos por ejemplo el coeficiente y lo igualamos a la unidad los rebotes de la pelota serán perfectamente elásticos.

En la figura 2 se exhiben las curvas de posición de la pelota contra el tiempo y el de su velocidad. Estas gráficas se logran enlazando las variables del movimiento de la pelota a los gráficos y estableciendo los rangos adecuados de graficación.

Una vez que los estudiantes modifican las condiciones iniciales y realizan la simulación varias veces, se les pide que a partir de los datos expliquen el comportamiento del movimiento, y si este sigue un patrón que se pueda escribir con una ecuación matemática. En la figura 3 se muestran los valores de los parámetros que caracterizan los movimientos de la pelota, alcanzando una altura máxima cada vez menor en cada rebote.

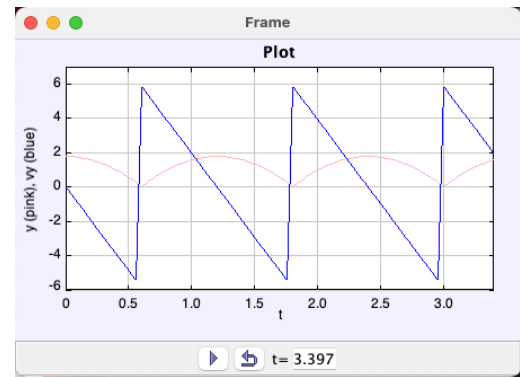


FIGURA 4. Gráficas de la posición y la velocidad de la pelota. Se repiten los valores en cada rebote porque en este caso se conserva la cantidad de energía mecánica, porque el coeficiente de restitución se escogió aquí como la unidad.

Si se cambia por ejemplo el coeficiente de restitución a la unidad los rebotes se vuelven totalmente elásticos conservando la cantidad de energía mecánica total y provocando que en cada rebote la pelota alcance siempre la misma altura. Por ejemplo véanse las figuras 4 y 5 donde se ha cambiado el valor del coeficiente de restitución a al unidad.

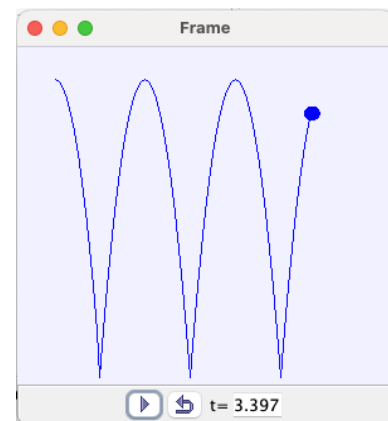


FIGURA 5. Comportamiento del movimiento de la pelota que es cíclico en este caso, cuando el coeficiente de restitución es igual a la unidad.

De esta manera, los estudiantes pueden comprender el significado de la energía mecánica, con esta Clase Demostrativa Interactiva.

La forma en como los estudiantes pueden relacionar estas ecuaciones con los valores de posición y velocidad de la pelota, entra en su proceso de aprendizaje, y como han tenido una participación activa durante la clase, esto se espera que mejore la calidad de la educación, para una mejor asimilación de los conceptos de la Mecánica detrás de los movimientos que han logrado reproducir gracias a la simulación.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos mostrado como se puede modificar una Clase Demostrativa Interactiva reemplazando una parte primordial de la metodología apoyándose en el uso de simulaciones. En este caso hemos abordado el problema del estudio del movimiento del rebote de una pelota sobre el suelo plano. Aquí se mencionan las ventajas de utilizar una simulación de computadora en lugar de apoyar la observación del fenómeno con una aproximación tradicional, de utilizar equipo de laboratorio apoyado con sensores de movimiento y equipo de graficación electrónica, como usualmente se hace a la hora de implementar el Aprendizaje Activo de la Física.

En estas sugerencias hemos utilizado las simulaciones como apoyo al Aprendizaje Activo sin abandonar, la idea esencial de provocar el compromiso del estudiante con su propio proceso de aprendizaje y respetando la mayoría de las etapas de una Clase Demostrativa Interactiva sin cambios, utilizando las simulaciones únicamente para reemplazar los equipos de laboratorio y los sistemas de registros de datos del movimiento de los cuerpos en los fenómenos mecánicos que se pretendan estudiar. Podemos entonces decir que aunque la mejor aproximación del Aprendizaje Activo se da con los invaluable experimentos reales en clase, la aproximación

utilizando simulaciones puede tener un efecto similar en la eficiencia en el aprendizaje de los estudiantes. Sólo faltaría aplicar estas sugerencias en casos reales para comprobar su efectividad en la educación, e implementar una forma de medir la efectividad de la estrategia didáctica, por ejemplo se podría calcular la ganancia efectiva de aprendizaje [5] para tener un criterio de evaluación para la misma metodología didáctica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONAHCYT y al Instituto Politécnico Nacional de México por la ayuda recibida por parte del proyecto SIP 20242173 titulado “La enseñanza de la Física utilizando el Aprendizaje Activo”.

REFERENCIAS

- [1] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., Laws, P. W., *RealTime Physics: Active Learning Laboratories, Module 1: Mechanics, 3rd Edition*, (Wiley, USA, 2011).
- [2] Sokoloff, D. R., *The Active Learning of Optics and Photonics: training manual*, (UNESCO, Paris, 2006).
- [3] Esquembre, F., *Creación de Simulaciones Interactivas en Java, Aplicación a la Enseñanza de la Física*, (PEARSON, Prentice Hall, Madrid, 2005).
- [4] Esquembre, F., García Clemente, F. J. *EJS Home Page*, (2019). EJS Wiki <https://www.um.es/fem/EjsWiki/Main/WhatIsEJS?>
- [5] Coletta, V. P., Steinert, J. J., *Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories*, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **16**, 010108 1-7 (2020).