

ASPECTOS CINEMÁTICOS Y ENERGÉTICOS OSCILADOR ARMÓNICO HORIZONTAL

Devece Eugenio (1,2), Videla Fabián (2,4), Lobo Fernández Gonzalo M. J.(2,3,4)

(1) UIDET IMApEC, Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (FI UNLP), (2) Cátedra Física I - FI UNLP, (3) Alumno - FI UNLP, (4) UIDET Centro de investigaciones Ópticas, (CIOp)

Camino Centenario y 506, C.C. 3, Gonnet, B1897 La Plata, Provincia de Buenos Aires
fabvdla@gmail.com

Resumen

El uso de simulaciones y de dispositivos didácticos, facilita la visualización y comprensión de los fenómenos tratados en nuestra materia, (Física I) Así, la clase destinada a Movimiento Armónico Simple (MAS) es apoyada con una simulación que hemos desarrollado enfocando aspectos cinemáticos y energéticos de este tema.

El oscilador armónico horizontal consiste en un sistema masa resorte desplazando la masa en un plano horizontal sin roce. La aplicación de las leyes de Newton al sistema modelado aún como partícula, conduce a una ecuación diferencial de segundo orden cuyas soluciones permiten obtener la posición velocidad y aceleración. Las soluciones son combinaciones lineales de funciones armónicas. En el contexto de la Materia Física I de la Facultad de Ingeniería UNLP esta es la primera oportunidad en que se exploran aspectos cinemáticos y energéticos cuando actúan fuerzas variables en el tiempo. Para este cometido, se han representado por medio de simulaciones desarrolladas en Mathematica la evolución de las variables cinemáticas y energéticas y se las ha sincronizado con el movimiento también simulado de una masa conectada a un resorte. De esta forma, es posible conectar las gráficas con posiciones clave de la masa con la esperanza de mejorar la comprensión del movimiento y el balance entre energía cinética, potencial y mecánica. Una encuesta, constituye el corolario de este trabajo, y está dirigida a poner en juego la comprensión de conceptos tales como el ángulo de desfase, los valores de velocidad y aceleración en puntos clave etc. Además la simulación es de por sí una herramienta de estudio, donde los alumnos pueden poner a prueba sus predicciones y afianzar sus conocimientos a través de la repetición y observación detallada ejecutada con la velocidad que necesitan para tal fin. En este sentido, la actividad suplementa la adquisición de conocimientos que permite la observación directa de experimentos reales. La encuesta permitirá también evaluar la efectividad de las simulaciones comprando respuestas contra aquellos que no realizaron simulaciones.

Palabras clave: Ecuaciones diferenciales, simulación, MAS consideraciones energéticas y cinemáticas

Introducción

En el contexto de la enseñanza de los contenidos correspondientes a la asignatura de Física I, de la Universidad Nacional de La Plata, uno de los temas que requiere conectar una multiplicidad de conceptos como el efecto de fuerzas variables, ecuaciones diferenciales y conservación de la energía es el estudio de los movimientos oscilatorios, en particular los armónicos. En el dictado de la materia se describen distintos tipos de movimientos periódicos. Algunas definiciones o variables introducidas para describir este movimiento generan malas interpretaciones o confusiones, motivando al equipo docente, a

elaborar abordajes que faciliten el aprendizaje. Uno de estos abordajes fue llevado a cabo mediante simulaciones interactivas [1, 2].

En el ámbito educativo, se trabaja con experiencias, pues su impacto asegura una fijación duradera y certera que los conceptos vistos de manera puramente teórica. Sin embargo, las simulaciones, si bien no son experiencias tangibles, son experiencias visibles y dinámicas produciendo efectos análogos en experiencia de los alumnos facilitando el aprendizaje. Como ejemplo, el estudio de las variaciones de las energías en los distintos tipos de Movimientos Armónicos en función de la posición, es de naturaleza compleja, y a través de las simulaciones se gradúa su complejidad.

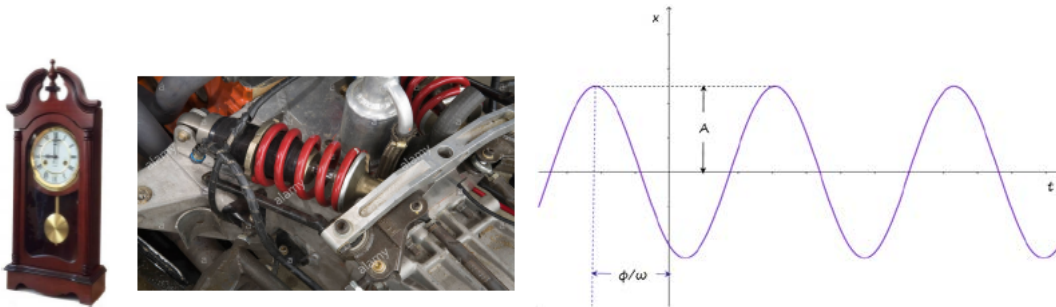


Figura 1. En los paneles a la izquierda ejemplos de aplicación de movimientos armónicos, reloj de péndulo y sistema de amortiguación en un automóvil. En el panel derecho gráfica de la posición “y” versus el tiempo que responde a una ecuación tipo seno de amplitud A y fase ϕ .

Un movimiento armónico, es aquel donde una partícula pasa por el punto de equilibrio reiteradas veces. Una vez iniciado, éste continúa de manera perpetua, (si consideramos el Movimiento Armónico Simple (MAS)), o reduciendo gradualmente su amplitud, (si consideramos Movimiento Armónico Amortiguado (MAA)) o ampliando gradualmente su amplitud, (si consideramos Movimiento Armónico Forzado (MAF)). Cada tipo de movimiento, tiene parámetros específicos, que lo caracterizan, tales como la frecuencia, el período y la frecuencia angular en el caso de el MAS, sumándose el coeficiente de amortiguación para el caso del MAA, y una fuerza externa para el caso del MAF.

Dinámica

Uno de los aspectos más desafiantes es interpretar la formulación de las leyes de Newton en su versión como ecuación diferencial. [3]

$$k * x(t) + m * x''(t) = 0 \quad (1) \quad x(t) = A * \text{sen}(wt + \phi) \quad (2)$$

Aquí, A es la amplitud, ω es la frecuencia angular y ϕ es la fase inicial

Ahora a diferencia de las ecuaciones algebraicas la solución ya no será un valor numérico sino una ecuación que deberá satisfacer dicha ecuación diferencial y sus condiciones iniciales. Luego, para obtener la velocidad o la aceleración en función del tiempo, basta con realizar una o dos derivadas temporales.

En el contexto de Física I la introducción de soluciones para este tipo de ecuaciones se encara de un modo ad-hoc, a saber, examinando funciones con derivadas que recursivamente incluyan la función original al menos para el caso más sencillo del oscilador sin amortiguar

Parte I , resultados y discusión

La simulación permite visualizar el movimiento de una masa unida a un resorte ideal, mientras que los gráficos, permiten estudiar el comportamiento de las variables que lo describen. Es importante por lo tanto, presentar la evolución conjunta de ambos.[\[4\]](#)

El entorno de simulación permite visualizar gráficas del desplazamiento y energéticas pero la conservación de la energía se representa en forma más compleja porque incluye en el balance dos energías potenciales (gravitatoria y elástica) además de la cinética. La modificación propuesta para el presente esquema, permite clarificar la representación de la evolución de la posición, la EC y EPe. Otros esquemas de simulación incluyen también la energía potencial gravitatoria PHET, [\[5\]](#)

$$EM = EC + EPe \quad (3)$$

El análisis y la comprensión de este movimiento complejo se allana si las variables cinemáticas y energéticas se pueden observar en forma sincronizada, haciendo evidente la conservación de la EM asociada al balance instantáneo de las EC y EPe (Ver [Ec. 3](#)). Estos balances se visualizan mediante histogramas dinámicos, empleando la herramienta “diagrama de barras” que varían su altura en función de la posición. Cada barra corresponde a una energía distinta. Por otra parte, las curvas energía vs posición se recorren también en forma sincrónica con los diagramas anteriores permitiendo asociarlas a las funciones que las describen.

La interacción con la simulación permite a los alumnos decidir el momento de inicio y establecer la velocidad de evolución de las variables. De este modo se puede operar verificando posiciones características de este movimiento, por ejemplo el valor de la EPe cuando la posición corresponde a la amplitud del movimiento o el valor de la EC cuando pasa por el punto de equilibrio. En cualquier otro punto del movimiento, puede verificarse la constancia de la suma de las energías cinética y potencial a través de los histogramas dinámicos así como su distribución. Otros parámetros como la masa m , la constante elástica k , son susceptibles de control a través de la herramienta “Manipulate” ver detalles en [\[6\]](#) (La manipulación de m y k no se ha implementado en la presente simulación).

Cabe destacar que la simulación se realizó enfocada al dominio espacial, es decir que finalmente se emplearon las [Ecs. 4a y b](#).

$$EC(x) = EM - \frac{1}{2}kx^2 \quad (4a)$$

$$EP_e(x) = \frac{1}{2}kx^2 \quad (4b)$$

Esto debido a que el movimiento del bloque (es decir, la posición de la masa), es más visible por estar más asociado a la experiencia, que la representación de la posición del bloque, a valores temporales ya que esto último requiere un grado de abstracción mayor.

En la [figura 2](#), se presenta el aspecto general de la interfaz que permitirá realizar la simulación, y alcanzar la comprensión deseada. Puede notarse la variedad de representaciones que incluye, permitiendo, un análisis detallado en cada parámetro a analizar. Una ampliación sobre pormenores de la implementación en (Mathematica

Wolfram) puede encontrarse en el siguiente [vídeo](https://www.youtube.com/watch?v=DIEciEZdFEM) (<https://www.youtube.com/watch?v=DIEciEZdFEM>)

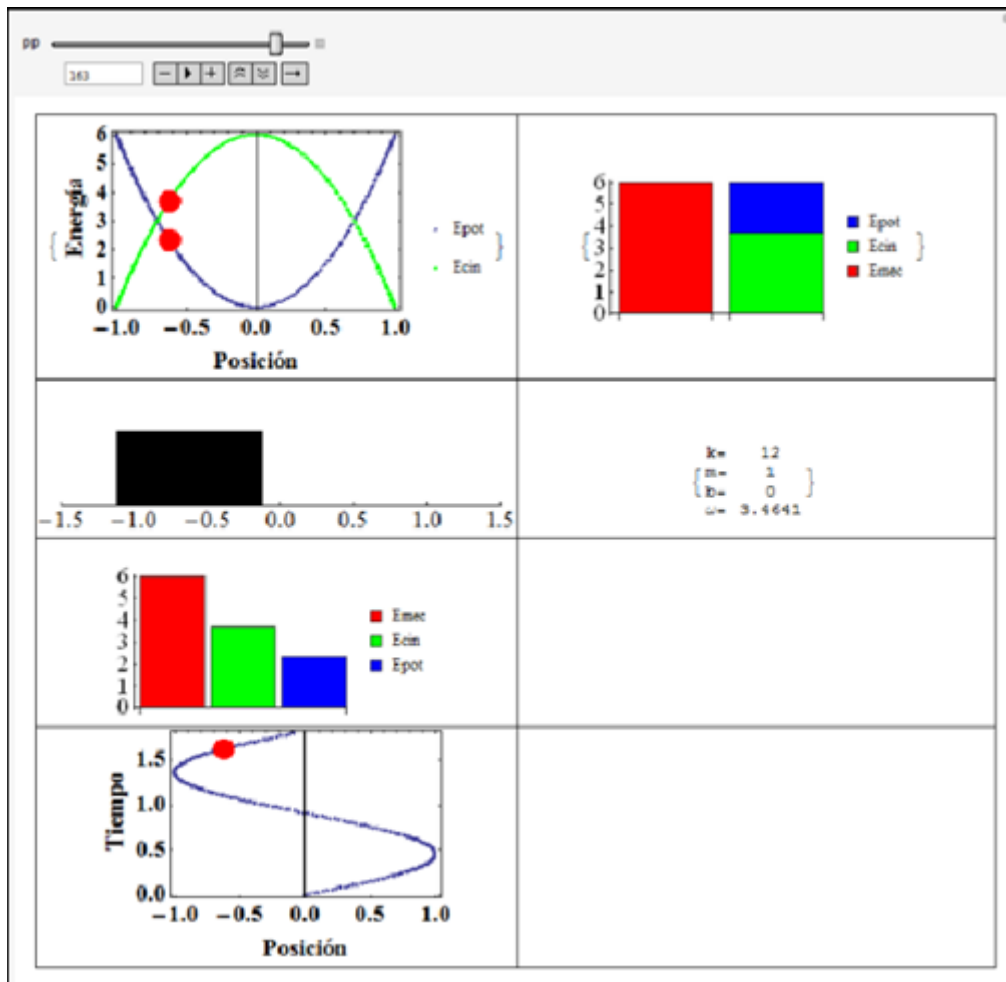


Figura 2. Aspecto general de la interfaz, el panel izquierdo indica la distribución de energías mecánicas según la posición del bloque, el panel debajo la posición del bloque, luego las barras indican las energías mecánica total y la proporción de energía cinética y potencial instante a instante. Por último la posición en función del tiempo todo en forma sincrónica. En el panel derecho m es la masa k la cte del resorte y b el coeficiente de fricción viscosa (nulo en este caso)

Cuestionario oscilador Horizontal MAS

Una vez realizada la experiencia y observada la simulación se propuso una serie de preguntas a los alumnos para evaluar la comprensión de los temas. En la [figura 3](#) se representan por medio de diagramas de torta los resultados de la encuesta. La misma evalúa temas de cinemática y energía aplicadas al MAS y también la comprensión de algunos aspectos de la teoría como el ángulo de desfase ϕ . En la esquina superior derecha se encuentran las consignas a responder y sus correspondientes resultados de acuerdo al esquema de colores. La muestra es de 32 personas el caso más desfavorable fue la interpretación de la frecuencia angular con 14 resultados incorrectos.

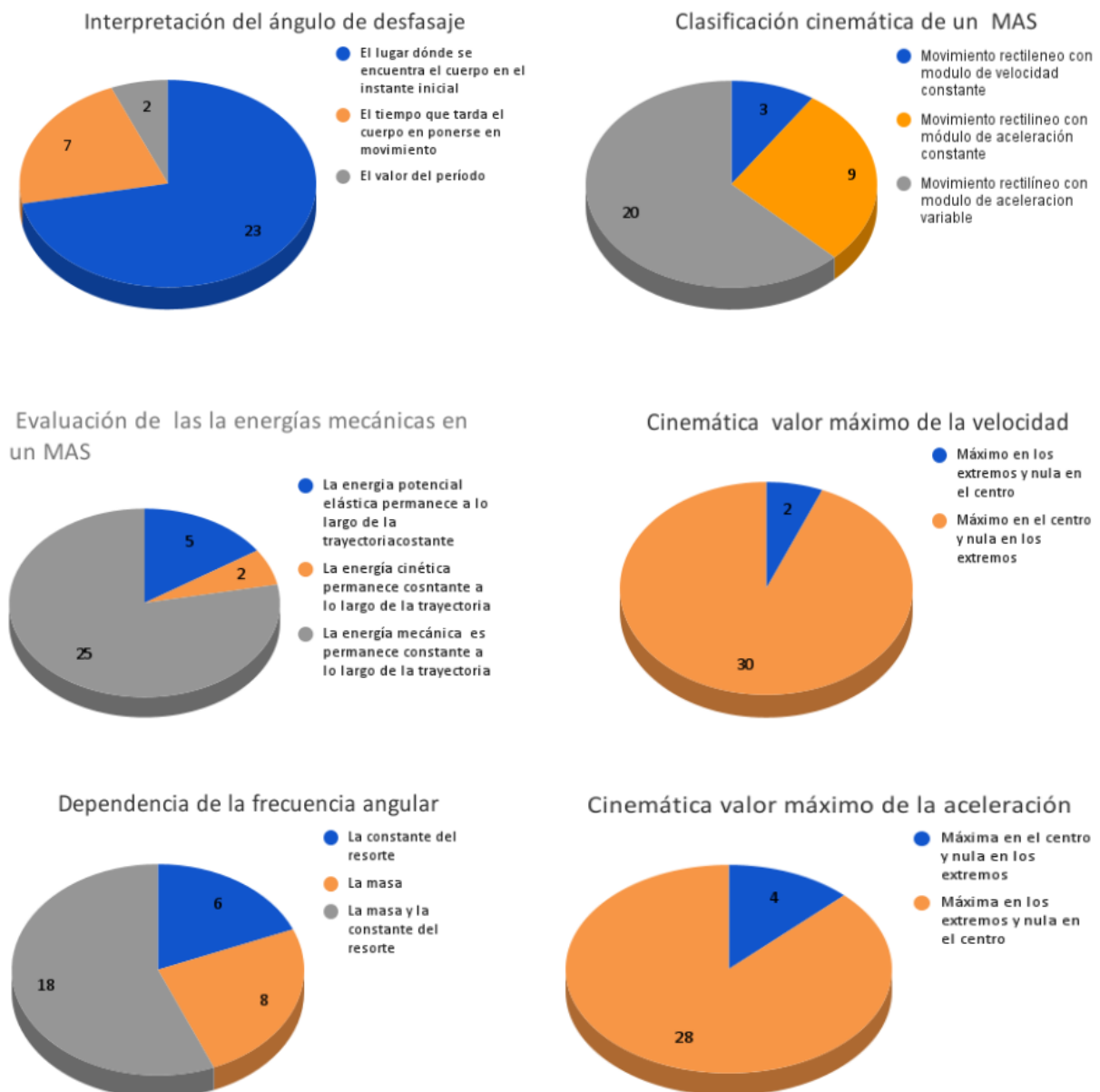


Figura 3. Resultado de la encuesta: en cada panel se representan la cantidad de individuos según su respuesta. En la esquina superior derecha se indican las consignas de trabajo.

Conclusiones

El camino abierto para investigar el movimiento armónico, permitirá en un futuro, extender las posibilidades de análisis hacia los casos de movimiento armónico amortiguado (MAA) y forzado (MAF). El software Mathematica, ha demostrado ser flexible y disponer de las herramientas de fácil adaptación para el desarrollo planteado. También, el aspecto visual y estético logrado, resulta atractivo.

Por otra parte, puede considerarse un software adecuado para explorar la resolución de ecuaciones diferenciales.

A partir de las encuestas realizadas a los alumnos, disponemos de una herramienta que nos permite mejorar la interfaz identificando debilidades.

También, se realizará una valoración de tipo pedagógica sobre el aporte que representa el empleo de la interfaz en la comprensión del tema. La ampliación al estudio de MAA y MAF también serán realizadas de acuerdo a estas opiniones.

Bibliografía

- [1] Sokoloff D. and Thornton, R. (1997) "[Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment](#)" The Physics Teacher. 35, 340–346.
- [2] Bransford, J.D. Brown, A. L. and Cocking R.R. (2002) "[How People Learn](#)", Natl. Academic Press, Washington, D.C.
- [3] Freedman, Y., & Zemansky, S. (2009). Física universitaria. Editorial. Prentice Hall. México. Decimosegunda edición.
- [4] Clark R.C. and Mayer, R.E. (2003) "e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning" Vol. 42 Issue 5, 41-43. Pfeiffer, San Francisco.
- [5] PhET website (<http://phet.colorado.edu>).
- [6] Zimmerman, R. L., & Olness, F. I. (1995). Mathematica for physics (pp. I-XXIII). Reading, MA: Addison-Wesley.