

Efecto de las simulaciones interactivas sobre las concepciones de los alumnos en relación con el movimiento armónico simple

Agustín García Barneto¹ y Juan Pedro Bolívar Raya²

¹ Departamento Ingeniería Química-Química Física –Química Orgánica, Universidad de Huelva. Email: agustin.garcia@diq.uhu.es

² Departamento Física Aplicada, Universidad de Huelva. Email: bolivar@uhu.es

Resumen: Muchos alumnos universitarios mantienen concepciones equivocadas acerca del movimiento armónico simple (MAS). Se ha podido comprobar que, en relación con él, mantienen una visión lineal que las simulaciones informáticas, a pesar de facilitar la comprensión de los conceptos físicos, no han podido modificar. Entre los alumnos investigados se han podido distinguir tres etapas en la conceptualización del movimiento armónico simple: una primera “temprana” en la que aún no se comprende el significado de las magnitudes que describen el fenómeno (periodo, amplitud,..) y responden guiados por la intuición, una segunda “lineal” en la que, a pesar de usar con propiedad esas magnitudes, se razona como si el movimiento fuera uniforme, y una tercera “sinusoidal”, coherente con el conocimiento físico establecido.

Palabras clave: simulación interactiva, movimiento armónico simple, concepción alternativa, ilusión lineal.

Title: Effect of the interactive simulations on students' conceptions about simple harmonic movement

Abstract: Many university students have misconceptions about simple harmonic movement (HSM). It has been observed that they have a linear vision that computer simulations have been unable to shift, despite helping them to understand physical concepts. Among those students investigated, there occur three stages in the conceptualization of simple harmonic movement: a first, “premature” stage in which they still have not grasped the meaning of the magnitudes that describe the phenomenon (period, amplitude...), and their response is guided by intuition; a second “linear” stage in which, although these magnitudes are used properly, they reason as if the movement was uniform; and a third “sinusoidal” stage that is coherent with established physical knowledge.

Keywords: interactive simulation, simple harmonic movement, misconception, linear illusion.

Introducción

Hay muchos alumnos universitarios que necesitan usar conceptos físicos complejos para interpretar fenómenos naturales que son estudiados en disciplinas diferentes a la Física. Este es el caso, por ejemplo, de los alumnos de ciencias ambientales con fenómenos ondulatorios como las radiaciones electromagnéticas y la acústica. En estos contextos, donde convergen diversos ámbitos de conocimiento y se pretende potenciar al máximo la comprensión conceptual de los fenómenos naturales minimizando la carga matemática, las metodologías tradicionales, basadas en la transmisión del conocimiento acabado a alumnos pasivos, deben dar paso a otras metodologías más activas en las que los alumnos aprendan resolviendo problemas en un ambiente enriquecido tecnológicamente.

Esta convergencia de métodos constructivistas y tecnologías de la información y la comunicación (ICT) se presenta como alternativa educativa solvente de cara a la formación de individuos competentes que tengan que desarrollar tareas cognoscitivas complejas en la nueva sociedad de la información del siglo XXI (Riegeluth, 2000). En este sentido es importante señalar que, más que una novedad pasajera, el uso de recursos informáticos, entendidos como instrumentos que facilitan la investigación de los alumnos, supone un cambio cualitativo en la forma de entender la enseñanza, ya que facilitan el aprendizaje (Jonassen, 2000) e incorporan al ámbito educativo técnicas y procedimientos que hasta hace poco estaban limitados a la esfera profesional.

El objetivo del presente trabajo, realizado con alumnos de ciencias ambientales de la Universidad de Huelva, ha sido evaluar la eficacia y limitaciones de una metodología basada en la realización de investigaciones (dirigidas) con simulaciones informáticas. Para ello se ha estudiado la evolución de diversas concepciones alternativas (McDermott, 1984) de los alumnos en torno a dos aspectos del movimiento armónico simple (MAS): factores que influyen en el periodo de los sistemas oscilantes y carácter sinusoidal (no lineal) de las relaciones que se establecen entre las magnitudes cinemáticas. De una parte se analiza el significado que los alumnos dan a las magnitudes características del MAS (periodo, amplitud, ...) y, de otra, se analiza una concepción alternativa especialmente resistente al cambio: la "ilusión lineal" (De Bock, Van Dooren, Janssens y Verschaffel, 2002). Muchos alumnos piensan que, con carácter general, la relación que se establece entre dos variables ha de ser lineal. Este hecho, muy estudiado en el ámbito matemático, tiene repercusiones en la enseñanza de la Física, en particular, en el campo de las oscilaciones, donde la relación típica entre variables no es lineal sino sinusoidal. ¿En qué medida el uso de simulaciones informáticas de sistemas oscilatorios cambia la visión inicial que los alumnos tienen de ellos?

De las concepciones alternativas a las reglas intuitivas

Desde hace mucho tiempo se dispone de abundante información en torno a concepciones alternativas de los alumnos en los más variados ámbitos de la

ciencia. Por su relación directa con contenidos específicos, fueron agrupados en torno a ellos como manifestaciones no ajustadas al conocimiento científico: calor (Macedo y Soussan, 1985), electricidad (Manrique y al., 1989), mecánica (McDermott, 1984), biología (Jiménez, 1987), geología (Granda, 1988), etc.

Esta enorme proliferación de concepciones dio paso a un proceso de análisis y sistematización que debía clarificar el origen y naturaleza de los conocimientos previos de los alumnos y, en último término, sugerir estrategias docentes eficaces en la tarea de aprender ciencia. Ante el fracaso de la enseñanza habitual, eminentemente transmisiva y centrada en el profesor, se propuso el denominado modelo constructivista (Driver, 1986) orientado a producir cambios conceptuales (Posner, Strike, Hewson y Gerzog, 1982) (Strike y Posner, 1992) apoyándose en los conocimientos previos y en el necesario conflicto cognitivo.

La evaluación de este modelo de cambio conceptual puso de manifiesto avances y carencias, encontrándose que en muchos casos el abandono de las ideas previas es provisional y los alumnos revierten a ellas con rapidez (Mortimer, 1995; Duit, 1996). Entonces algunos autores citaron que las dificultades encontradas en el modelo tenían relación con la falta de atención a factores tan importantes como el contexto del aula (Pintrich, Marx y Boyle, 1993) o las características propias del proceder científico (Gil y al., 1991), surgiendo variantes como el modelo constructivista basado en investigaciones dirigidas (Gil y al. 1999). Otros, por su parte, plantearon sus dudas acerca de la posibilidad de producir cambios conceptuales (Marín, 1999), asumiendo el aprendizaje como un proceso de refinamiento del conocimiento, en el que los nuevos saberes no anulan lo ya conocido sino que se suman a ello, y es el individuo el que controla la activación de un concepto u otro según las circunstancias (Mortimer, 1995; Dykstra, Boyle y Monarch, 1992).

Sin embargo, aunque en ocasiones parezca que nos referimos a las concepciones alternativas como si fueran ideas que los alumnos tuvieran de manera explícita en sus cerebros, la realidad parece algo más compleja. Según Pozo (1999) "las concepciones de los alumnos suelen ser implícitas en el sentido de que ni siquiera están presentes en su memoria, sino que son verdaderas construcciones situacionales". Estas construcciones serían producto de unos modelos mentales activados por determinadas informaciones o situaciones. La activación reiterada de la misma representación, según dicho autor, derivaría en representaciones estables que podrían explicitarse cuando el alumno disponga del lenguaje adecuado y de las estructuras conceptuales capaces de asimilar los nuevos modelos.

En esta línea argumental podríamos citar los estudios de Stavy y Tirosh (1996). Según estas investigadoras muchas de las concepciones alternativas que los alumnos muestran en diferentes campos del conocimiento científico y matemático podrían tener un origen común en unas pocas reglas intuitivas (Tirosh, Stavy y Cohen, 1998). Entre ellas podrían citarse: "Todo puede dividirse por dos", "más A – más B" o "igual A – igual B". Esta última, por ejemplo podría explicar, según las autoras, las concepciones alternativas de los

alumnos en relación con cantidades intensivas como la densidad, la temperatura y la concentración (Tirosh y Stavy, 1999). Dada su independencia de contenidos concretos y su pretendido carácter universal (Stavy y al., 2006), esta propuesta se contrapone con los iniciales catálogos de ideas previas. Mientras que éstos relacionan las concepciones alternativas con hechos o conceptos concretos (por ejemplo los alumnos establecen una relación entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad con que se mueve), las reglas intuitivas tienen carácter general y, en consecuencia, son independientes de ellos (igual F – igual v).

Aunque pueda resultar difícil aceptar en todos los casos esta independencia entre contenidos concretos y concepciones alternativas (Van Dooren, De Bock, Weyers y Verschaffel, 2004), es cierto que resulta de gran interés analizar estos principios generales y sus efectos en el aprendizaje de los conceptos científicos. Otra regla intuitiva (o si se quiere otra versión de la regla "igual A-igual B") es la denominada "ilusión de la linealidad", irresistible tendencia de los alumnos a aplicar con carácter general el modelo lineal o proporcional en situaciones en las que no debe hacerse (De Bock, Van Dooren, Janssens y Verschaffel, 2002). Este hecho ha sido ampliamente investigado en el ámbito de las matemáticas, en particular en comparaciones de longitudes, superficies y volúmenes de figuras planas o sólidos. En este tipo de tareas los alumnos, a pesar de recibir ayuda, manifiestan grandes dificultades para distinguir las relaciones lineales de aquellas que no lo son. En investigaciones realizadas con alumnos entre 13 y 16 años, se ha puesto de manifiesto que la resolución de problemas no mejora a pesar de ser planteados en un contexto realista o de usarse gráficos que representan la relación entre variables (De Bock y al., 2003) (De Bock, Verschaffel y Janssens, 2002). Tampoco las estrategias educativas diseñadas específicamente para superar la "ilusión de la linealidad" han tenido mucho éxito. En una experiencia con alumnos de 8º grado la reducción en el uso de estrategias proporcionales en problemas geométricos no proporcionales vino acompañada de la aplicación de estrategias no proporcionales a problemas que sí lo eran, manifestándose una escasa comprensión conceptual de la situación (Van Dooren y al., 2004).

Esta "ilusión de la linealidad" también se produce en el ámbito de la Física, por ejemplo en el estudio del movimiento. Según hemos comprobado, la mayoría de alumnos consultados (universitarios de 2º curso de Ciencias Ambientales) describen el movimiento oscilatorio de un muelle como si fuera uniforme con retroceso en los extremos, estableciendo una relación lineal entre posición y tiempo. De igual manera, hemos podido comprobar que la ilusión lineal se extiende incluso a la relación entre posición y velocidad, cuando es sabido que un oscilador armónico (muelle, péndulo, etc.) se mueve más lento en las proximidades de los extremos y más rápido en las cercanías del punto de equilibrio.

Entornos enriquecidos tecnológicamente

Cuando se piensa en el uso educativo de ordenadores conectados a la Web, en muchas ocasiones sólo se percibe el potencial informativo de dicho recurso.

Sin embargo, hemos de acordar que esa vertiente de "enciclopedia universal" es sólo una de sus capacidades, si cabe, una de las de menor valor. La potencia de los nuevos ordenadores multimedia conectados en red facilitan nuevas formas de aprender en las que la investigación, el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo juegan un papel fundamental (Christian et al., 2003). Por ejemplo, en el entorno de aprendizaje constructivista de Jonassen (2000), los alumnos resuelven problemas apoyados por el ordenador, recurso que, además de información, suministra comunicación y recursos cognitivos al tiempo que permite representar y manipular el fenómeno estudiado.

La simulación es uno de los grandes avances que introduce el uso de ordenadores en el aula. Simular es algo más que visualizar, supone interactuar, controlar variables y, por tanto, facilitar la investigación. Para esta tarea se puede utilizar una gran variedad de software, propietario o no. En nuestro caso hemos optado por el *applet* (Christian, 2000), pequeña aplicación escrita en lenguaje Java que permite simular fenómenos naturales y une a ello las ventajas de ser abundantes, fácilmente transmisibles a través de la Web e independientes del sistema operativo del ordenador que los ejecuta (simplemente se necesita la máquina virtual Java correspondiente que podemos bajar gratuitamente de Sun Microsystems).

El uso de simulaciones informáticas en la enseñanza de la Física permite introducir grandes cambios en los planteamientos metodológicos. Desde una perspectiva tradicional cabría plantearse la posibilidad de usar la simulación como caso práctico después de la explicación del profesor. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, esta opción no aprovecha todo el potencial educativo del nuevo recurso. Para conseguirlo la simulación puede usarse como espacio de manipulación en la realización de una investigación (Christian, 2001) (Jonassen, 2000). Así planteada la cuestión los alumnos tienen la posibilidad de expresar sus puntos de vista (concepciones alternativas), plantear hipótesis, diseñar experiencias, realizar medidas y analizar resultados, es decir, trabajar de manera similar a como lo haría un científico. En este proceso las ideas previas pueden ser puestas en tela de juicio por los resultados obtenidos, facilitándose su superación y la formación de nuevos conceptos (Gil et al., 1999; Dancy et al., 2002; Tang y Titus, 2002; Christian, 2000).

Este cambio metodológico vendría acompañado de otras ventajas. De una parte las simulaciones basadas en *applets* permiten modelar fenómenos con diferentes "niveles de realismo", haciendo posible con ello aproximaciones globales más o menos complejas a los fenómenos naturales. Por otra, la simulación permite ocultar el modelo matemático subyacente y mostrar el fenómeno a través de una animación gráfica o representación tridimensional (Zamarro et al., 1998), evitando el rechazo matemático que muestran muchos alumnos.

Los alumnos objeto del presente estudio han usado un entorno informático interactivo creado expresamente para el tratamiento de los movimiento armónico simple y ondulatorio (García y Gil, 2005). Se encuentra accesible en la dirección <http://www.uhu.es/ondas>.

Materiales y métodos

La investigación se ha llevado a cabo con 152 alumnos de 2º curso de la licenciatura de Ciencias Ambientales de la Universidad de Huelva. El trabajo ha tenido tres etapas:

- Cumplimentación de un pretest de cuestiones relativas al movimiento armónico simple.
- Uso de un entorno informático, basado en simulaciones interactivas (*applets*), con el que los alumnos investigan el comportamiento de diferentes sistemas oscilantes.
- Cumplimentación de un postest con las mismas cuestiones planteadas al inicio de la investigación.

Los alumnos usaron el entorno informático en dos contextos diferentes: presencial y no presencial. En el primero de ellos, desarrollado en un aula de ordenadores de la Universidad de Huelva, estaba dirigido a la realización individual de investigaciones simuladas con ayuda de los *applets* recogidos en el entorno informático. En esta fase el profesor, además de clarificar las posibles dudas que pudieran existir acerca de la tarea a realizar, cooperaba activamente con los alumnos resaltando los resultados más significativos, facilitando el uso del sistema informático, recordando resultados previos que pudieran resultar significativos, etc., en suma cooperando activamente con los alumnos a modo de investigador experto en el tema objeto de estudio. La fase no presencial, de dos semanas de duración, a la que los alumnos reconocieron posteriormente una dedicación de 20 horas por término medio, sirvió para que realizaran de forma autónoma investigaciones complementarias y redactaran los informes solicitados.

Aunque el entorno informático permite el tratamiento de los osciladores forzados y acoplados, los contenidos abordados en esta investigación se han limitado a los osciladores libres y amortiguados. Este nivel inicial, diseñado para que los alumnos adquieran una visión global del fenómeno oscilatorio, se articula básicamente sobre dos investigaciones (¿cómo se mueve una pequeña bola en el interior de un cuenco semiesférico? y ¿cómo cambia la energía total del sistema bola-cuenca a medida que transcurre el tiempo?) que, a nuestro juicio, permiten el tratamiento de los conceptos estructurales sin dificultar en exceso el análisis matemático.

En el desarrollo de las investigaciones los alumnos se han visto animados a utilizar un método de trabajo coherente con el proceder científico. El uso de los *applets* como instrumento para realizar experiencias simuladas fue propuesto después que los alumnos habían analizado el problema, habían propuesto hipótesis y habían discutido sobre la forma de comprobarlas. Sólo entonces se les informaba de la posibilidad de llevar a cabo las experiencias propuestas con ayuda del entorno informático. Los datos obtenidos de forma individual eran recogidos por el profesor y comunicados al grupo, resaltando las coincidencias y favoreciendo nuevos contrastes en aquellos casos en los que aparecían discrepancias.

Investigación inicial de los alumnos: ¿Cómo se mueve una pequeña bola en el interior de un cuenco semiesférico?

El núcleo central de este primer nivel de complejidad gira en torno al siguiente problema: ¿Cómo se mueve una pequeña bola en el interior de un cuenco semiesférico?.

El espacio de manipulación del problema está construido en torno a un *applet* del Curso de Física con Ordenador de Ángel Franco (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/cupula1/cupula1.htm>)

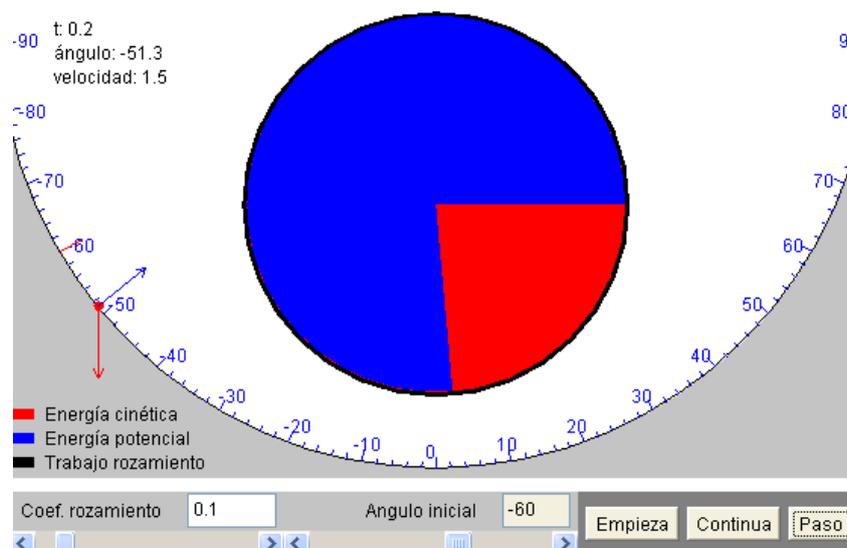


Figura1.- Imagen *applet* Curso Física con Ordenador de Ángel Franco

Esta simulación permite modificar la posición (ángulo) inicial de la bola y el coeficiente de rozamiento de ésta con la pared del cuenco. Además provee información del tiempo transcurrido, la posición y velocidad de la bola y los intercambios energéticos que se producen a medida que evoluciona el sistema.

Una vez que los alumnos tuvieron oportunidad de entender el problema y conocieron el entorno informático, fueron invitados a plantear hipótesis acerca de las características esperables en el movimiento de la bola, sobre todo en dos aspectos: ¿será periódico? y ¿cómo cambiará la posición de la bola con el tiempo?. Inicialmente los alumnos sólo aceptaron la periodicidad del movimiento en ausencia de fricción y no fueron capaces de proponer ningún tipo de relación matemática que explicara la evolución temporal de la posición de la bola.

Para comprobar las hipótesis emitidas los alumnos diseñaron experiencias que consistían básicamente en la determinación de las posiciones sucesivas de la bola (sin y con fricción) durante una o dos oscilaciones. Los resultados obtenidos les permitieron establecer una serie de conclusiones:

- El movimiento oscilatorio de la bola en el cuenco es periódico sin fricción y con fricción.

- En ausencia de fricción la posición de la bola cambia sinusoidalmente con el tiempo, pudiendo establecerse una relación matemática entre ambas magnitudes.

- En presencia de fricción la posición de la bola también cambia sinusoidalmente con el tiempo, pero la amplitud del movimiento disminuye exponencialmente con el tiempo.

Como parte del análisis de resultados, los alumnos usaron una hoja de cálculo con dos objetivos: representar las sucesivas posiciones de la bola a medida que transcurre el tiempo y comprobar que una ecuación sinusoidal se ajusta a los datos obtenidos.

Segunda investigación de los alumnos: ¿Cómo cambia la energía total del sistema bola-cuenca a medida que transcurre el tiempo?

Una vez establecidas las características básicas del movimiento armónico simple, la tarea se complementa con otra investigación dirigida a evaluar el aspecto energético de las oscilaciones. El planteamiento del problema fue el siguiente: ¿cómo cambia la energía total del sistema bola-cuenca a medida que transcurre el tiempo?. Las hipótesis que emitieron los alumnos aceptaban su conservación en ausencia de fricción pero tenían dificultades para aventurar cómo disminuiría en caso de existir rozamiento entre bola y cuenco. Los resultados obtenidos de las experiencias simuladas confirman la conservación de la energía total del sistema aislado y demuestran que, en caso de existir fricción, la energía total disminuye exponencialmente con el tiempo.

Otras investigaciones de los alumnos

Aunque el trabajo realizado con el *applet* bola-cuenca pone de manifiesto las características básicas del movimiento armónico simple (periodicidad y carácter sinusoidal) y facilita el establecimiento de su ecuación de movimiento, no agota el tema, quedando pendientes una serie de cuestiones importantes que fueron tratadas con otros *applets* incluidos en el entorno informático:

Contenidos	Investigaciones simuladas con ordenador
Generalización de los resultados obtenidos a otros sistemas oscilantes	Estudio de los factores que afectan al periodo de oscilación del péndulo y el muelle.
Ampliación del tratamiento energético	Estudio de los factores que afectan a la energía total de un muelle Evolución de las energías potencial y cinética durante las oscilaciones
Ampliación del tratamiento cinemático	Estudio de las relaciones entre los movimientos circular uniforme y armónico simple Evolución temporal de la velocidad y la aceleración en un sistema oscilante
Tratamiento dinámico	Estudio de las características de la fuerza que provoca el movimiento oscilatorio

Estas investigaciones han sido modeladas con los siguientes *applets*:

- Péndulo de NTNU Java (Fu-Kwun Hwang)
(<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=27>)
- Muelle oscilante de *Applet* Java de Física (W.Fendt)
(http://www.walter-fendt.de/ph11s/springpendulum_s.htm)
- Oscilaciones libres de Curso Física con Ordenador (A.Franco)
(<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/libres/libres.htm#Actividades>)
- Oscilador muelle-masa de Learn Physics using Java (C.K.Ng)
(<http://www.ngsir.netfirms.com/englishhtm/SpringSHM.htm>)
- Medida de la constante elástica de un muelle de Curso de Física con Ordenador (A.Franco)
(<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/muelle/muelle.htm>)
- Movimiento armónico simple de Curso de Física con Ordenador (A.Franco)
(<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/mas/mas.htm>)
- Energía asociada al movimiento armónico simple de Physlet
(<http://fem.um.es/Fislets/CD/II2Ondas/II13Oscilaciones/default.html>)

Evaluación del aprendizaje de los alumnos

El principal interés de la investigación giraba en torno al análisis de la capacidad de los *applets* para producir cambios conceptuales en un entorno en el que se resuelven problemas mediante investigaciones dirigidas. Para ello hemos puesto la atención en la evolución de diversas concepciones alternativas previamente detectadas.

- Factores que influyen en el periodo de un péndulo
- Efecto de las condiciones iniciales sobre la amplitud de las oscilaciones de un muelle
- Efecto de las condiciones iniciales sobre el periodo de las oscilaciones de un muelle
- Relación entre posición y tiempo durante las oscilaciones de un muelle
- Relación entre posición y velocidad durante las oscilaciones de un muelle

Para su análisis se ha utilizado un cuestionario (anexo I), planteado al inicio y al final de la investigación. Las cuestiones son abiertas y, además de la respuesta, se solicita su justificación y una estimación de la confianza depositada en ella.

Como ha quedado reflejado en el apartado dedicado al trabajo con el entorno interactivo, todos los contenidos a los que hacen referencia las cuestiones citadas han sido tratados con los alumnos en el contexto de investigaciones en las que tienen oportunidad de explicitar y comprobar sus opiniones.

Análisis de resultados

VARIABLES QUE AFECTAN AL PERIODO DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE DE UN PÉNDULO (CUESTIÓN 1)

Antes de usar las simulaciones, las respuestas muestran una gran dispersión y ponen de manifiesto una gran confusión acerca del tema tratado. Entre las variables que pudieran afectar al periodo del péndulo, los alumnos eligen como más probable la masa (39 %), seguida de la amplitud (28 %), la longitud (25 %) y las condiciones iniciales (8 %). La confianza en las respuestas es baja (4 unidades sobre 10).

“La única forma que varíe el periodo es variando la masa, ... cualquier variación de las otras magnitudes sólo influiría en el tiempo en alcanzar el equilibrio” (5)

“Cuando aumentamos la longitud aumenta el periodo” (3)

“Cuanto mayor sea la amplitud mayor será el tiempo que tardará en describir el movimiento” (4)

Después de usar las simulaciones las respuestas de los alumnos son absolutamente diferentes, concentrándose en torno a la longitud en un 97 % de los casos, desapareciendo las referencias a la masa y siendo anecdóticas las referidas a las condiciones iniciales del sistema. La confianza en las respuestas pasó de 4 a 9 unidades.

“[Para modificar el periodo] Cambiaría la longitud ya que el periodo depende solamente de la fuerza de la gravedad y la longitud” (9)

RESPUESTAS ANTES DE USAR APPLETS			
Cuestiones	Porcentaje		Confianza
1.- Factores que afectan al periodo de un péndulo	Masa	39	4
	Longitud	25	
	Amplitud	28	
	Cond.Inic	8	
2.- Relación entre amplitud y condiciones iniciales	Acierto	8	4
3.- Relación entre periodo y condiciones iniciales	Acierto	1	4
4.- Relación entre posición y tiempo	Sinusoidal	0	5
	Lineal	50	
5.- Relación entre posición y velocidad	Cuadrática	0	4
	Lineal	8	

Tabla 1.- Resultados obtenidos antes de usar los *applets*

RESPUESTAS DESPUÉS DE USAR APPLETS			
Cuestiones		Porcentaje	Confianza
1.- Factores que afectan al periodo de un péndulo	Masa	0	9
	Longitud	97	
	Amplitud	2	
	Cond.Inic	1	
2.- Relación entre amplitud y condiciones iniciales	Acierto	88	9
3.- Relación entre periodo y condiciones iniciales	Acierto	92	9
4.- Relación entre posición y tiempo	Sinusoidal	0	9
	Lineal	97	
5.- Relación entre posición y velocidad	Cuadrática	0	8
	Lineal	98	

Tabla 2.- Resultados obtenidos después de usar los *applets*

Variables que afectan a la amplitud del movimiento armónico simple de un muelle (Cuestión 2)

En el caso de muelles que partan desde la misma posición inicial tendrá mayor amplitud aquél que tenga mayor velocidad inicial en su extremo móvil (sea cual sea su sentido), y en muelles con la misma velocidad inicial (sea cual sea su sentido) tendrá mayor amplitud aquél que parta desde la posición más alejada del equilibrio.

Antes de usar las simulaciones sólo el 8 % de los alumnos es capaz de relacionar correctamente las condiciones iniciales (posición y velocidad) con la amplitud. Las respuestas no suelen estar argumentadas y, en los pocos casos en que sí lo están, se aprecia que los alumnos dan mucha importancia a una circunstancia que no la tiene: el sentido de la velocidad. Para muchos de ellos el hecho de que un muelle oscilante vertical parta desde una posición por encima del equilibrio con una velocidad con sentido descendente, es suficiente para admitir que su amplitud será mayor que si la velocidad fuera de igual valor pero en sentido ascendente.

“La experiencia 2 [que parte de la posición 3 con velocidad -100] tiene mayor amplitud porque [parte desde arriba y] va hacia abajo con respecto a la posición de reposo” (4)

Después de usar las simulaciones las respuestas cambian completamente. El 88 % de los alumnos ha aprendido a relacionar la amplitud con las condiciones iniciales y la confianza en las respuestas es muy grande (9). Los argumentos cuidan las referencias a la velocidad, poniendo el acento en su módulo:

“La amplitud es mayor cuanto mayor sea el módulo de la velocidad y mayor sea la posición inicial” (9)

Variables que afectan al periodo del movimiento armónico simple de un muelle (Cuestión 3)

Antes de usar las simulaciones el 99 % de los alumnos entiende que el periodo de un sistema oscilante depende de sus condiciones iniciales, estableciendo en muchos casos una relación proporcional directa entre amplitud y periodo.

" [periodo] .. Quien tenga mayor amplitud tendrá mayor periodo, ya que se tarda más tiempo en realizar el recorrido" (5)

"El orden será el mismo [que el asignado a las amplitudes] porque el periodo es proporcional a la amplitud" (4)

Después de usar las simulaciones el 92 % de los alumnos entiende que el periodo de un muelle oscilante sólo depende de sus características intrínsecas (constante elástica y masa), aumentando considerablemente la confianza en las respuestas.

"El periodo depende sólo de la masa del muelle y de su constante elástica y no de las condiciones iniciales, es decir, el periodo será igual en todos los casos" (9)

Relación entre posición y tiempo en el movimiento armónico simple de un muelle (Cuestión 4)

Esta cuestión permite conocer el tipo de relación que establecen los alumnos entre posición y tiempo en un movimiento armónico simple. El movimiento del muelle es complejo ya que tiene dos posiciones (extremos) en las que el cambia de sentido, un punto (equilibrio) en el que la velocidad es máxima y, entre ambas situaciones, velocidades y posiciones que cambian sinusoidalmente con el tiempo. Para comprobar hasta que punto es entendido por los alumnos, se les ha pedido que señalaran la posición del extremo del muelle en ciertos instantes fácilmente relacionables con el periodo.

Antes de usar las simulaciones ningún alumno respondió correctamente la cuestión. El 50 % de ellos, que denominaremos "lineales", asumía una relación lineal entre posición y tiempo (respondían como posiciones correctas +2,5; -2,5; -1; +1) como si la velocidad del muelle permaneciera constante todo el tiempo (con inversión de sentido en los extremos). Por tanto, desde su punto de vista, conocido el periodo, la posición del muelle se podía calcular mediante una proporción lineal (regla de tres):

" Por regla de tres, si a 20 unidades tarda en recorrer 2 s, pues ..." (7)

"El tiempo de retorno es de 2 s a la posición inicial, por tanto dividimos y vemos el tiempo que tarda en cada tramo" (7)

En el resto de casos (50 %) las respuestas de los alumnos, que denominaremos "tempranas", no pueden entenderse como lineales (las posiciones previstas para el extremo del muelle no se corresponde con un reparto proporcional del tiempo), sin embargo, analizando los argumentos dados, más que abandono de la proporcionalidad, lo que se aprecia son

dificultades para comprender el movimiento oscilatorio y, en particular, el concepto de periodo. Por ejemplo, hay alumnos que suponen que un periodo es el tiempo que tarda el extremo del muelle en ir desde la posición de equilibrio hasta uno de sus extremos, y, en base a ello, colocan las posiciones sucesivas del muelle respetando la proporcionalidad directa entre esta magnitud y el tiempo:

“Si a los dos segundos $e_0 = +5$ a cada uno de los diferentes tiempos la posición e es igual a x (regla de tres)” (3)

Otros alumnos suponen que el periodo es el tiempo que tarda el muelle en llegar de un extremo a otro y reparten posiciones linealmente con este criterio:

“Ese tiempo 2 segundos estaría en $+5$, en 1 segundo en 0 , en -5 sería cuando comienza a volver” (2)

“Si el periodo es de 2 segundos se supone que en 0 segundos estará en la posición $+5$ y en 2 segundos en la -5 ” (7)

Dada la importancia de esta dependencia en la comprensión del MAS y para que los alumnos pudieran reflexionar de manera expresa sobre las relaciones que se establecen entre las magnitudes cinemáticas (posición, velocidad, aceleración) y el tiempo en el MAS, el entorno informático de aprendizaje incluía un *applet* que simulaba las oscilaciones de un muelle al mismo tiempo que representaba gráficamente las citadas magnitudes frente al tiempo. Estas representaciones podían ser individuales ($e-t$, $v-t$, $a-t$) o conjuntas ($e,v,a-t$) (a criterio del alumno), poniéndose de manifiesto de manera evidente no sólo su carácter sinusoidal general sino, además, el desfase existente entre ellas, facilitando, en consecuencia, la detección de momentos críticos en los que la velocidad y la aceleración adquirirían valores máximos o mínimos. A pesar de ello, una vez utilizado el entorno de aprendizaje, aunque las respuestas de los alumnos cambian, sigue sin captarse el carácter sinusoidal del MAS. Ningún alumno responde correctamente, pero el porcentaje de alumnos “lineales” pasa del 50 al 97 %, cambio que cabe atribuir a la comprensión del concepto de periodo.

La interacción con la simulación de un muelle oscilante, asociada a representaciones gráficas de las magnitudes cinemáticas que lo caracterizan, no son suficientes para que los alumnos modifiquen sus esquemas previos (muy consolidados) relativos a la naturaleza del MAS. Podría decirse que el trabajo realizado con ellos ha servido para que los alumnos se desprendan de dificultades añadidas (incomprensión del concepto de periodo) y manifiesten “en todo su esplendor” su concepción lineal del MAS.

“Si tarda 2 segundos en una oscilación, tardará 1 segundo en media oscilación (cuando llega a la posición -5), $0,5$ segundos en $\frac{1}{4}$ de oscilación ($e=0$) ...” (10)

“El periodo es el tiempo que tarda en dar una oscilación completa, si son 2 segundos es cuestión de dividir este tiempo entre todas las posiciones de ida y vuelta” (10)

La estrategia seguida con los alumnos no ha servido para que pongan en duda sus ideas previas "lineales" sino más bien para consolidarlas, llegando a niveles de confianza de 9 unidades sobre 10. Las simulaciones de sistemas oscilantes no han resultado eficaces en la comprensión de un fenómeno complejo que va en contra de concepciones muy arraigadas en los alumnos.

Relación entre velocidad y posición en el movimiento armónico simple de un muelle (Cuestión 5)

El carácter sinusoidal del MAS provoca que la relación entre posición y velocidad sea compleja:

$$e^2 = A^2 - \frac{v^2}{\omega^2} \qquad \frac{e^2}{A^2} = 1 - \frac{v^2}{v_{\max}^2}$$

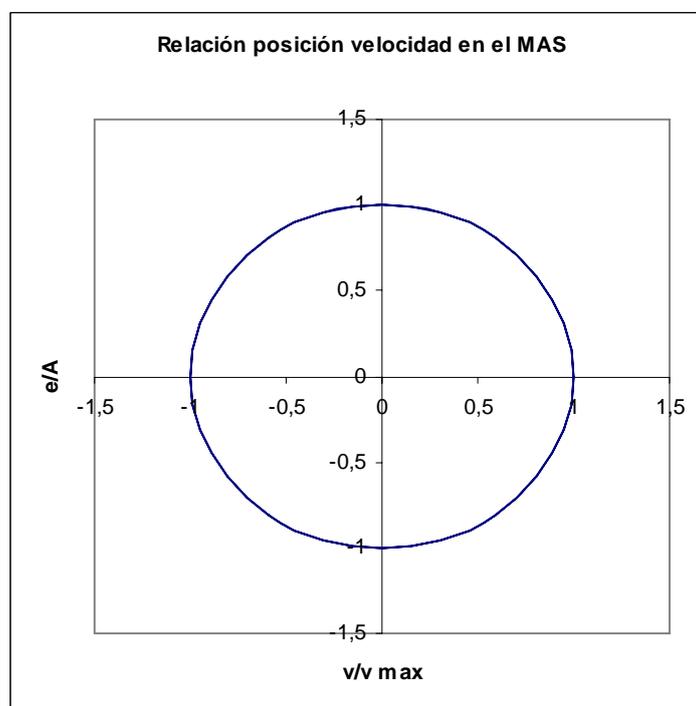


Figura 2.- Relación entre posición y velocidad en el movimiento armónico simple

Si inicialmente el extremo del muelle vertical se encuentra por encima de la posición de equilibrio, en el primer cuarto de amplitud la velocidad pasa de 0 a $0,66 v_{\max}$, en el segundo cuarto alcanza $0,87 v_{\max}$, en el tercero llega a $0,97 v_{\max}$ y al final del último cuarto de amplitud (posición de equilibrio) la velocidad es v_{\max} . En consecuencia, los mayores cambios de velocidad se producen en las cercanías de los extremos y los menores en torno a la posición de equilibrio.

En esta cuestión se pedía a los alumnos que situaran la posición del extremo del muelle en los instantes en los que alcanzaba determinados valores de velocidad, fácilmente relacionables con la velocidad máxima. Más que la realización de cálculos que asignaran posiciones y velocidades exactas, lo que

se buscaba era comprobar si los alumnos eran capaces de establecer una relación no lineal entre ambas magnitudes.

Antes de usar el entorno ningún alumno responde correctamente, el 20 % deja la respuesta en blanco, y sólo el 8 % refleja una percepción lineal del fenómeno. La mayoría (que en adelante para facilitar la cita denominaremos también "tempranos") no relaciona de forma razonable la posición y la velocidad en el MAS, manifestando encontrarse en relación con este movimiento en una fase de conceptualización muy confusa y temprana, en la que abundan argumentaciones variadas y contradictorias (por ejemplo, hay alumnos que asocian a un extremo la máxima velocidad y al otro el reposo, e incluso en alguna ocasión han llegado a asignar máxima y mínima velocidad al mismo extremo).

Alumno "temprano" que reparte linealmente velocidades con arreglo a un supuesto en el que el extremo más bajo tiene velocidad máxima y el más alto reposo: "Si de pasar de 5 a -5 hacen falta 500 unidades, por lo tanto se observan las posiciones con respecto a este dato" (5).

Alumno "temprano": "500 sería cuando llega a lo más bajo, como el signo es positivo es subir y negativo es bajar quedaría como lo señalado [extremo inferior con la velocidad máxima y el superior en reposo]" (5)

En esta cuestión, al igual que en la anterior, los argumentos de muchos alumnos "tempranos" revelan un comportamiento "lineal" enmascarado por la dificultad para comprender el MAS.

Después de usar el entorno, aunque ningún alumno responde correctamente, las respuestas cambian significativamente. El 98 % de los alumnos presupone una relación lineal entre posición y velocidad en el MAS ("lineales"), además la confianza en las respuestas es muy alta (más de 8 unidades sobre 10):

"La $v = 0$ en los extremos y en el punto medio la velocidad será máxima, haciendo una división del eje nos será muy fácil determinar la posición del muelle a la velocidad que nos piden en el ejercicio" (8)

Una respuesta típica podría ser la siguiente:

"La velocidad de un muelle es máxima en el centro y nula en los extremos, de esta manera dividiendo nos sale lo anterior [linealidad]" (7)

Aunque en general los alumnos no consideran necesario hacer explícito el "evidente" carácter lineal del movimiento armónico simple:

"Sabiendo que el muelle sale de +5, tendrá la máxima velocidad en la posición de equilibrio (0). El signo de la velocidad sólo indica si el muelle está bajando o subiendo" (10)

"El muelle parte con una velocidad inicial 0 y cuando llega a -5 la velocidad se vuelve a hacer 0, luego en la posición 0 la velocidad es máxima" (9).

El uso de las simulaciones ha permitido que la mayoría de los alumnos capte el significado de los conceptos involucrados en el MAS, sin embargo, no han

entendido las relaciones que se establecen entre ellos y, en ese campo, siguen presuponiendo relaciones lineales.

Conclusiones

1.- Las respuestas iniciales de los alumnos consultados sobre el MAS ponen de manifiesto diversas concepciones alternativas y un marco conceptual propio poco desarrollado y basado en el sentido común:

- En muchos casos no se entiende el significado del periodo como magnitud característica del modo de vibrar de los sistemas oscilantes. En consecuencia, se acepta que en el péndulo esté afectado por variables diferentes a la longitud (75 %) y en el sistema muelle-masa por las condiciones iniciales (95 %)
- Muchos alumnos razonan acerca de la posición y la velocidad del MAS como si fueran magnitudes independientes, así la evolución de la primera no afectaría a la segunda. En general a ambas magnitudes se les supone cambios temporales lineales. La posición variaría linealmente con el tiempo y, en consecuencia, se interpreta el sistema oscilante como si tuviera un movimiento uniforme que cambiara de sentido en los extremos (100 %). La velocidad, por su parte, se entiende proporcional a la posición (100 %).

2.- Los resultados obtenidos del uso de un entorno de aprendizaje basado en simulaciones interactivas orientado al tratamiento de problemas, demuestran que éste planteamiento metodológico contribuye a la mejora del aprendizaje de los conceptos físicos y al aumento en la confianza depositada en las respuestas.

3.- Se ha comprobado que, en relación con el MAS, los alumnos pasan por diversas etapas:

a) Una primera "temprana" en la que no tienen una concepción global del movimiento y de la relación entre las magnitudes cinemáticas que lo describen. En ella se producen respuestas muy variadas, ligadas a intuiciones o argumentos poco consistentes importados de otros contextos.

b) Una segunda "lineal" en la que los alumnos establecen una relación lineal entre las magnitudes cinemáticas y el tiempo.

c) Una tercera "armónica" en la que los alumnos comprenden las complejas relaciones existentes entre las magnitudes cinemáticas y el tiempo en el MAS

4.- Las actividades realizadas con las simulaciones informáticas han contribuido a que los alumnos superen la primera fase "temprana" pero no ha servido para que comprendan significativamente el carácter sinusoidal del MAS. Aunque han medido posiciones de una bola rodante en un cuenco y las han representado frente al tiempo, aunque han interactuado con un muelle oscilante (virtual) y han construido las gráficas de posición, velocidad y aceleración que le corresponden, los alumnos no han podido superar su "ilusión lineal". (De Bock, D.; Verschaffel, L. y Janssens, D. , 2002). En este

caso, la investigación del alumno con simulaciones informáticas se ha mostrado ineficaz en la superación de una concepción alternativa muy arraigada.

Referencias bibliográficas

Christian, W. (2000) Java programming and Internet technologies for undergraduate education. *Computer Physics Communications*, 127, 16-22.

Christian, W. (2001) Physlets. Java Tools for a Web-Based Physics Curriculum. *Proceedings of the International Conference on Computational Science, Portoroz-Slovenia*, 1061-1073

Christian, W.; Belloni, M.; Esquembre, F. y Martín, E. (2003) Enseñando Física con Fislets. *CIAEF, VIII Conferencia Interamericana sobre educación en Física*, La Habana, Julio 7-11.

Dancy, M., Christian, W. y Belloni, M. (2002) Teaching with Physlets: Examples from Optics. *The Physics Teacher* 40, 494-499

De Bock, D.; Van Dooren, W.; Janssens, D.; Verschaffel, L. (2002). Improper use of linear reasoning: an in-depth study of the nature and the irresistibility of secondary school students' errors. *Educational Studies in Mathematics*, 50, 311-334.

De Bock, D.; Verschaffel, L.; Janssens, D.; Van Dooren, W. y Claes, W. (2003) Do realistic contexts and graphical representations always have a beneficial impact on students' performance? Negative evidence from a study on modelling non-linear geometry problems. *Learning and Instruction*, 13, 441-463

De Bock, D.; Verschaffel, L. y Janssens, D. (2002) The effects of different problem presentations and formulations on the illusion of linearity in secondary school students. *Mathematical thinking and learning*, 4 (1), 65-89

Driver, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15

Duit, R., 1996, The constructivist view in science education. What it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em ensino de ciências*, 1, 40-75.

Dykstra, D., Boyle, F. & Monarch, A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education* 76(6), 615-652.

García, A y Gil, M. (2006) Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2): 304-322

Gil, D.; Carrascosa, J.; Furio, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona: Horsori.

Gil D.; Furió, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Guisasola, J.; González, E.; Dumas-Carré, A.; Goffard, M. y Pessoa De Carvalho, A.

(1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 311-320.

Granda, A. (1988) Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 239-243

Jiménez, M.P. (1987) Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 5 (2), 165-167

Jonassen, D. (2000) El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje. En Ch. Reigeluth (Ed): *Diseño de la instrucción. Teoría y modelos* (225-250). Madrid: Aula XXI Santillana.

Macedo, B. y Soussan, G. (1985) Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 11 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 83-91

Marín, N. (1999) Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 80-92

Manrique, M.; Varela, P. y Favieres, A.(1989) Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 292-295

McDermott, L. (1984) Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37 (7), 24-32

Mortimer, E.F. (1995) Conceptual change or conceptual profile change?. *Science Education*, 4, 267-285

Pintrich, P.R., Marx, R.W. y Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167-199

Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W.; Gertzog, W.A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227

Pozo, J.I. (1999) Mas allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513-520

Reigeluth, Ch (2000) ¿En qué consiste la teoría de diseño educativo y cómo se está transformando? En Ch. Reigeluth (Ed): *Diseño de la instrucción. Teoría y modelos* (15-40). Madrid: Aula XXI Santillana.

Stavy, R. y Tirosh, D. (1996) Intuitive rules in science and mathematics: the case of more of A-more of B. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 653-667.

Stavy, R.; Babai, R.; Tsamir, P.; Tirosh, D.; Lin, Fou-Lai y McRobbie, C. (2006) Are intuitive rules universal?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 417-436

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive Structure and Conceptual Change* (pp. 211-231). Orlando, Fla.: Academic Press.

Tang, G. y Titus, A. (2002) Increasing students' time on task in calculus and general physics courses through WebAssign. *ASEE Annual Conference & Exposition, Montreal-Canada, 16-19 June*.

Tirosh, D.; Stavy, R. y Cohen, S. (1998) Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education, 20 (10)*, 1257-1269

Tirosh, D. y Stavy, R. (1999) Intuitive rules: a way to explain and predict students' reasoning. *Educational Studies in Mathematics, 38*, 51-66

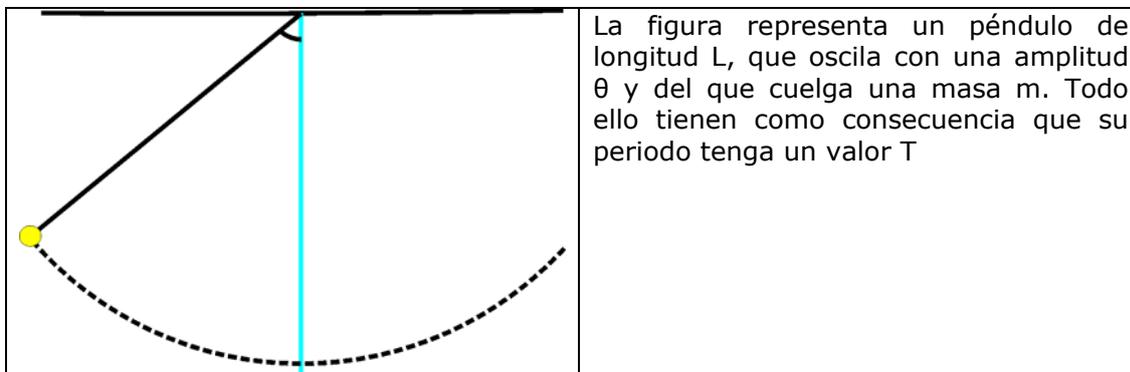
Van Dooren, W.; De Bock, D.; Weyers, D.; Verschaffel, L. (2004) The predictive power of intuitive rules: A critical análisis of the impact of 'more A-more B' and 'same A-same B'. *Educational Studies in Mathematics, 56*, 179-207

Van Dooren, W.; De Bock, D.; Hessels, A.; Janssens, D.; Verschaffel, L. (2004) Remediating secondary school students' illusion of linearity: a teaching experiment aiming at conceptual change. *Learning and Instruction, 14*, 485-501.

Zamarro, J.M.; Martín, E.; Esquembre, F. y Härtel, H (1998) Unidades didácticas en Física utilizando simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML. *Comunicación IV Congreso RIBIE, Brasilia*.

Anexo 1

Cuestión 1:



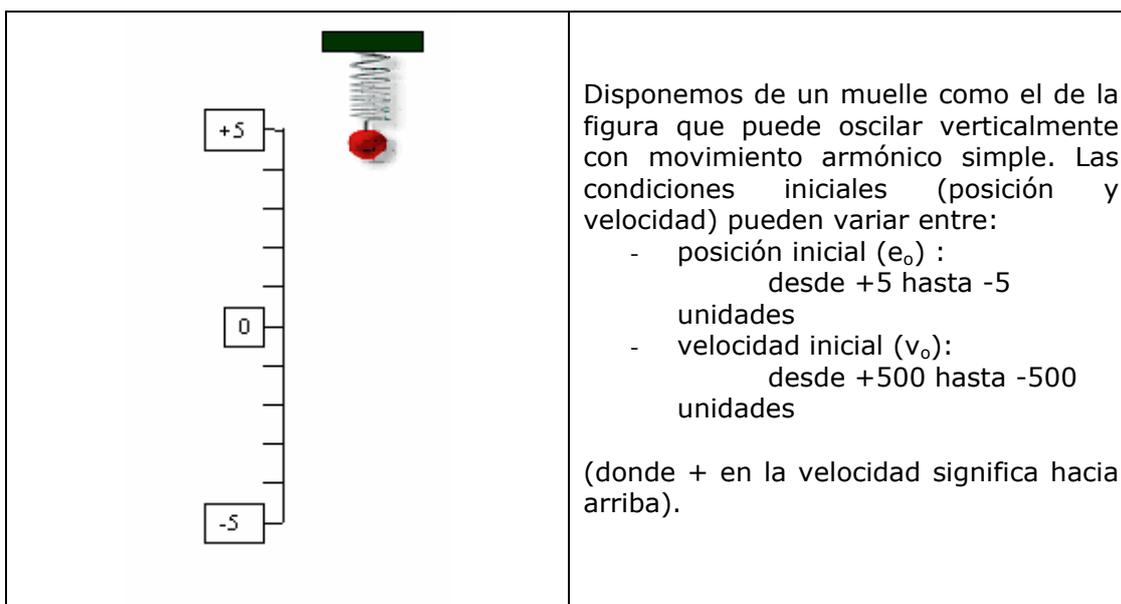
-¿Cuál o cuáles de las siguientes magnitudes modificaría usted si deseara cambiar el periodo de oscilación del citado péndulo?

- a) Masa
- b) Longitud
- c) Amplitud
- d) Posición y velocidad iniciales

-Justificar la respuesta:

-Indique el grado de confianza que tiene en la respuesta dada (de 0 -confianza nula- a 10 -confianza plena-)

Cuestión 2:



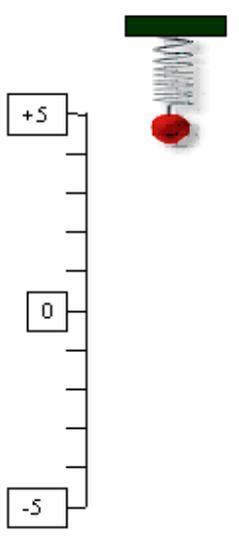
Se han realizado cuatro experiencias con el citado muelle, variando las condiciones iniciales de una a otra:

Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia 3	Experiencia 4
$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = 0$ Unidades	$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = -100$ Unidades	$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = +100$ Unidades	$e_0 = 2$ Unidades $v_0 = 0$ Unidades

- Coloque las experiencias en orden creciente de amplitud y justifique la respuesta

- Indique el grado de confianza que tiene en la respuesta dada (de 0 –confianza nula- a 10 –confianza plena-)

Cuestión 3:

	<p>Disponemos de un muelle como el de la figura que puede oscilar verticalmente con movimiento armónico simple. Las condiciones iniciales (posición y velocidad) pueden variar entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - posición inicial (e_0) : desde +5 hasta -5 unidades - velocidad inicial (v_0): desde +500 hasta -500 unidades <p>(donde + en la velocidad significa hacia arriba).</p>
--	---

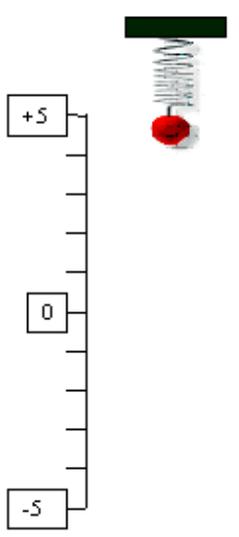
Se han realizado cuatro experiencias con el citado muelle, variando las condiciones iniciales de una a otra:

Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia 3	Experiencia 4
$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = 0$ Unidades	$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = -100$ Unidades	$e_0 = 3$ Unidades $v_0 = +100$ Unidades	$e_0 = 2$ Unidades $v_0 = 0$ Unidades

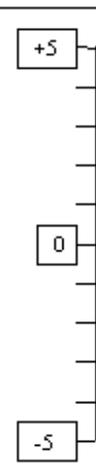
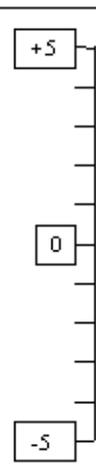
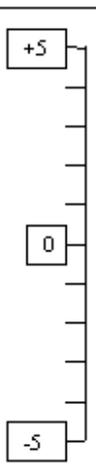
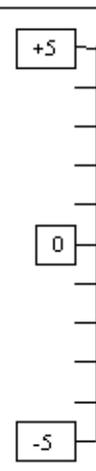
- Coloque las experiencias en orden creciente de periodo y justifique la respuesta

- Indique el grado de confianza que tiene en la respuesta dada (de 0 –confianza nula- a 10 –confianza plena-)

Cuestión 4:

	<p>Sabemos que el periodo de un M.A.S. es el tiempo que transcurre en una oscilación completa, en el caso de nuestro muelle, por ejemplo, en ir desde una posición extrema a otra y volver.</p> <p>Supongamos que el muelle considerado tiene un periodo de 2 segundos, habiendo sido soltado inicialmente desde la posición +5 (desde lo más alto) en reposo como indica la figura.</p>
---	--

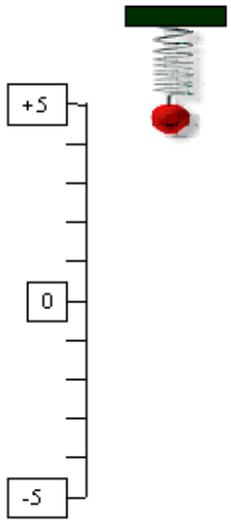
- Señalar en los siguientes dibujos donde se encontrará el extremo del muelle cuando el reloj marque el tiempo indicado en cada caso:

$t = 0,25 \text{ s}$	$t = 0,75 \text{ s}$	$t = 1,40 \text{ s}$	$t = 1,60 \text{ s}$
			

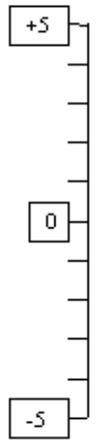
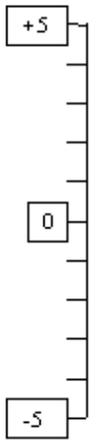
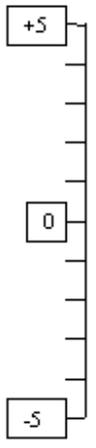
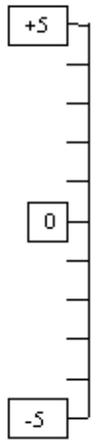
- Justificar la respuesta

- Indique el grado de confianza que tiene en la respuesta dada (de 0 –confianza nula- a 10 –confianza plena-)

Cuestión 5:

	<p>Supongamos que el muelle ha sido soltado inicialmente desde la posición +5 (desde lo más alto) en reposo tal como indica la figura, adquiriendo un M.A.S.</p> <p>Si la velocidad máxima adquirida por el extremo del muelle tiene un valor absoluto de 500 unidades</p>
---	--

- Señalar en los siguientes dibujos donde se encontraría el extremo del muelle cuando éste tuviera la velocidad indicada en cada caso:

$v = -500$	$v = -250$	$v = 100$	$v = 0$
			

- Justificar la respuesta

- Indique el grado de confianza que tiene en la respuesta dada (de 0 –confianza nula- a 10 –confianza plena-)