

OSCILACIONES. ESTUDIO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL

IMPORTANCIA DE LOS MOVIMIENTOS DE OSCILACIÓN

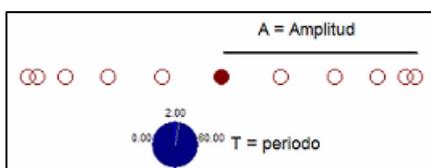
El movimiento vibratorio o de oscilación es uno de los más frecuentes en la naturaleza. Encontramos muchos objetos que lo realizan: La bolita de un péndulo soltada desde una cierta altura, el extremo de un muelle después de haberlo separado de su posición de equilibrio, los puntos de una cuerda de guitarra recién punteada, la superficie de un tambor recién percutido,.. A escala atómica también se produce de forma masiva este movimiento, puesto que los átomos, los iones y las moléculas habitualmente vibran en torno a posiciones centrales o de equilibrio. Los campos (entidades no materiales portadoras de energía) también realizan oscilaciones. Lo que oscila en este caso es la amplitud del campo.

Las partículas que realizan un movimiento de oscilación lo pueden hacer individualmente o como parte de un proceso ondulatorio, que se genera con la vibración de una fuente o foco y se propaga mediante la transmisión de dicha vibración a lo largo de un medio. Hablamos entonces de ondas (o de pulsos de onda), como las que se pueden producir en un lago cuando chapoteamos y se propagan por su superficie; como las ondas sísmicas, que se pueden generar en un lugar de la Tierra (epicentro) y se propagan a lo largo del suelo; como las ondas sonoras, que pueden emitir nuestras las cuerdas vocales y se propagan por el aire; o como las ondas electromagnéticas (en este caso se propaga la vibración de sendos campos eléctrico y magnético perpendiculares entre sí), que se pueden emitir, por ejemplo, desde una emisora de radio o TV. En estos procesos ondulatorios, son muchas las partículas que realizan movimientos vibratorios o de oscilación y lo van haciendo con un cierto retraso o desfase temporal unas respecto de otras (el foco es la primera partícula que vibra)

Tiene, por todo ello, mucho interés el estudio físico de los movimientos de oscilación: la invención de magnitudes adecuadas para describirlos y el establecimiento de unas ecuaciones que rijan su evolución.

BREVE ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

El movimiento de oscilación más sencillo posible es el movimiento armónico simple (MAS). Un MAS es un movimiento de oscilación que se repite periódicamente sin pérdida de energía, es decir, manteniendo siempre la amplitud o máxima separación de la partícula oscilante respecto de su posición de equilibrio. Dicha amplitud, A , y el periodo, T (tiempo que



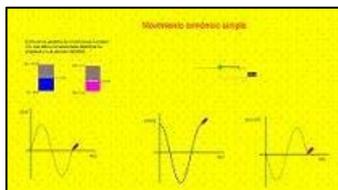
tarda la partícula en realizar cada oscilación completa) determinan el MAS. En lugar del periodo, T , a menudo se caracteriza el MAS por la frecuencia, magnitud inversa al periodo, por tanto, igual al número de oscilaciones realizadas en un segundo. La unidad de frecuencia en el SI es el hercio, en honor a Hertz.

Para establecer la fuerza que produce un MAS pensamos en un muelle elástico, donde la fuerza que tenemos que ejercer para producirle una elongación, x , se expresa mediante la ley de Hooke, es decir, es mayor cuanto mayor es dicha elongación ($F_{aplicada} = K \cdot x$, siendo K una constante que representa a la elasticidad del muelle). Al estirar el muelle, éste ejerce sobre nuestra mano una fuerza de recuperación igual y de sentido opuesto ($F_{muelle} = -K \cdot x$). Cuando lo soltamos la



fuerza de recuperación mantiene el movimiento de oscilación. Si no se ejerciera ninguna otra fuerza adicional y el muelle fuera perfectamente elástico, el movimiento de oscilación sería armónico simple.

Conocida fuerza que produce un MAS, las ecuaciones del movimiento se pueden obtener directamente relacionando dicha fuerza con la aceleración y ésta con la velocidad y la elongación. Las tres magnitudes (posición, velocidad y aceleración) tienen una dependencia sinusoidal respecto del tiempo y las gráficas que representan su evolución son similares, si bien, la velocidad se desfasa un cuarto de periodo respecto de la elongación (la velocidad es nula en las posiciones extremas, justamente cuando es máxima la elongación), y la aceleración se desfasa medio periodo respecto de la elongación, siendo proporcional y de signo opuesto a ésta (en todo momento, la fuerza y con ella la aceleración, se opone a la elongación).

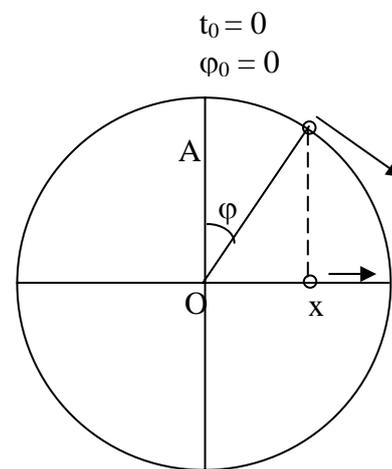


Para practicar estos conceptos, podemos haber diseñado una animación *Modellus* adjunta que reproduce un MAS, calcula todas las magnitudes cinemáticas que lo describen y representa las gráficas de la posición, la velocidad y la aceleración. Se puede modificar el periodo y la amplitud del movimiento.

OBTENCIÓN DE LAS ECUACIONES DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Una forma bastante sencilla de obtener las leyes cinemáticas del MAS se basa en relacionarlo con el movimiento circular y uniforme (MCU), puesto que la proyección sobre cualquier diámetro de un movimiento circular uniforme de periodo, T , es un MAS del mismo periodo y amplitud, A , igual al radio de la circunferencia.

En la figura adjunta un objeto realiza un MCU de radio A y rapidez angular w , empleando un tiempo T en dar una vuelta completa. Como el movimiento es uniforme: $T = 2\pi/w$. Para simplificar suponemos que en el instante $t_0 = 0$ la posición angular es $\varphi_0 = 0$. Obsérvese que mientras el objeto da una vuelta completa, su proyección sobre un diámetro hace una vibración de amplitud A .

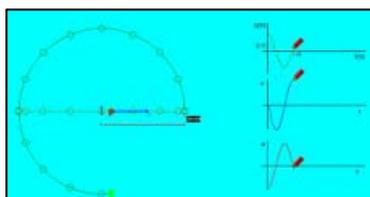


Tomamos como eje X la dirección de ese diámetro, situando el origen en el centro de la circunferencia. La posición del punto luminoso viene dada por "x" y su valor oscila periódicamente entre $+A$ y $-A$.

Por tanto, teniendo en cuenta la ecuación del movimiento circular y uniforme ($\varphi = wt$), obtenemos las ecuaciones para el MAS:

$$x = A \sin wt \qquad v = Aw \cos wt \text{ (derivando } x) \qquad a = -Aw^2 \sin wt \text{ (derivando } v)$$

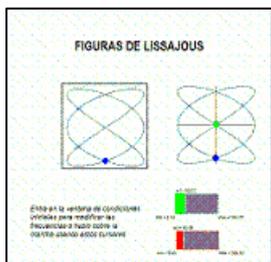
La constante w se denomina frecuencia angular y se relaciona con el periodo T y la frecuencia f mediante la relación $w = 2\pi/T = 2\pi \cdot f$



La figura adjunta corresponde a una animación del Departamento que muestra la relación entre el movimiento circular uniforme (MCU) y el movimiento armónico simple (MAS). El usuario puede modificar las condiciones del MCU y comprobar el reflejo que esto tiene en el MAS correspondiente.

COMPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS DE OSCILACIÓN

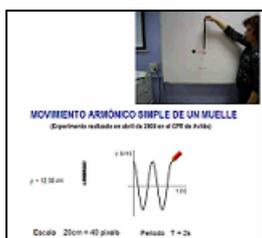
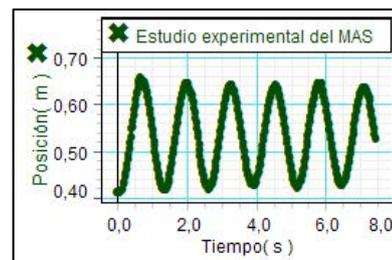
Es interesante estudiar el resultado de la superposición de un movimiento armónico simple con otro movimiento perpendicular a él. Experimentalmente, esta superposición se puede producir con un aparato llamado osciloscopio. El osciloscopio es un similar a un televisor y sobre su pantalla se pueden enviar barridos de electrones horizontales y perpendiculares. Así, por ejemplo, la superposición de un barrido horizontal que se corresponda con un movimiento de traslación uniforme y uno vertical armónico simple dejará en la pantalla el aspecto de una onda armónica transversal.



Cuando los dos barridos se corresponden a movimientos armónicos simples, cuyos valores de la frecuencia guardan una relación numérica sencilla ($1/2$; $1/3$; $2/3$;) el movimiento resultante describe unas trayectorias cerradas y con ejes de simetría, llamadas figuras de Lissajous. Para generar de forma virtual estas figuras hemos diseñado una animación *Modellus* (figura adjunta) El usuario puede modificar los valores de la frecuencia de los barridos horizontal y vertical siempre aportando valores que guardan una relación numérica sencilla.

EXPERIMENTOS SOBRE EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Utilizando el sensor de posición y el sensor de fuerza, realizamos en el laboratorio varios experimentos sobre el MAS. Se obtuvieron de forma empírica las ecuaciones y las gráficas de la posición, la velocidad, la aceleración y la fuerza que produce un MAS. Para provocar el movimiento se usó un muelle largo de alta elasticidad y se elaboró un montaje experimental en el que un peso colgado del muelle produce las oscilaciones. Los resultados obtenidos muestran que en las primeras oscilaciones apenas se produce amortiguamiento y el movimiento real es muy cercano a un MAS.

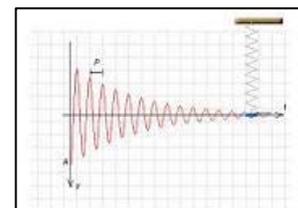


Un segundo estudio experimental se puede realizar con ayuda del simulador *Modellus*. En este caso se graba el movimiento de oscilación de un muelle y se puede conseguir una buena correspondencia entre el movimiento real filmado y el movimiento teórico de la simulación. El experimento también lo realizamos en cursos de formación docente, donde los profesores construyen una animación similar.

TEORÍA Y EXPERIMENTOS SOBRE OSCILACIONES AMORTIGUADAS

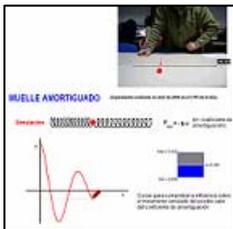
Con mucha frecuencia, los movimientos de oscilación de objetos reales se ven sometidos a la intervención de rozamientos, cuyo efecto es disminuir progresivamente la amplitud de las vibraciones, hasta que estas cesan. Decimos que se trata de oscilaciones amortiguadas.

Es importante comprender que la amortiguación se produce en la amplitud, pero no en la frecuencia de la vibración, que depende de otros factores. Por ejemplo, en el caso de un muelle, dicha frecuencia depende únicamente de su elasticidad, en el caso de un péndulo, depende de la gravedad y la longitud de la cuerda, etc.



Para realizar un estudio teórico de las oscilaciones amortiguadas se requiere expresar de forma operativa las fuerzas de rozamiento que producen esa amortiguación. Un aspecto que tratamos con cierto detalle en los trabajos dedicados al estudio del rozamiento ejercido sobre cuerpos que se mueven en el seno de fluidos.

En cuanto al estudio experimental de oscilaciones amortiguadas, realizamos en el laboratorio un experimento que comienza filmando el movimiento de un pulso amortiguado producido en un muelle apoyado encima de una mesa. Después, se utiliza el programa *Modellus* para analizar la correspondencia entre la oscilación amortiguada real (filmación) y la de un pulso virtual, haciendo depender la fuerza de amortiguación de éste de un coeficiente de amortiguamiento manipulable al correr la animación. Así, se puede obtener el valor de dicho coeficiente. El mismo experimento lo realizamos en cursos de formación docente, donde los profesores participantes construyen una animación similar.



Los experimentos, materiales y referencias citadas en este documento están disponibles en la página dedicada al Estudio teórico y experimental de las oscilaciones (<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/MAS/MAS.htm>) dentro de la web del Departamento de Física y Química del IES "Leonardo Da Vinci" de Alicante (<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/fisica.htm>)