

61. La fuerza recuperadora

Friedrich Herrmann. Universidad de Karlsruhe, Alemania
Georg Job. Universidad de Hamburgo, Alemania
Nelson Arias Ávila. Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

Tema:

Para un oscilador armónico mecánico, donde un cuerpo realiza un movimiento de vaivén, la fuerza ejercida sobre el cuerpo es proporcional a la elongación. Se atribuye mucha importancia a este hecho y se lo formula como un teorema resaltado en varios libros escolares, encontrando citas como las siguientes:

- “Una oscilación mecánica libre es armónica, cuando y solo cuando obedece a la siguiente ley $F = -D \cdot s$, donde s es la elongación desde la posición de equilibrio.”
- “Definición: Un movimiento periódico, causado por la fuerza recuperadora F , para la cual es válida una ley de fuerzas lineal de la forma $F = -D \cdot y$, se llama oscilación armónica.”
- “La característica principal de un oscilador armónico es que está sometido a una fuerza recuperadora, que tiende a devolverlo al punto de equilibrio estable, con una intensidad proporcional a la separación respecto de dicho punto.”

Defectos:

1. Frases como las anteriores ostentan un rigor exagerado, que no siempre es posible justificar. Por ejemplo, de acuerdo con la primera frase, no se puede afirmar que existen oscilaciones armónicas libres para las cuales el torque sea proporcional al ángulo. Sin el “cuando y solo cuando” se podría pasar por alto este defecto. Para la segunda, se sabe que también en un pistón (émbolo), que realiza un movimiento de vaivén gracias a un volante (o un motor) por medio de una biela, actúa una fuerza –para la cual es válida una ley de fuerzas (casi) lineal–, sin embargo dicho sistema no se llama ni se considera oscilador armónico.

2. Generalmente los teoremas y oraciones resaltadas se presentan con la pretensión: “¡Lo que se dice es importante!” Sin embargo, las aseveraciones citadas no merecen dicho grado de importancia. Para describir matemáticamente el oscilador se emplean otras dos magnitudes para las cuales existe una proporcionalidad: la cantidad de movimiento y la velocidad. En cuanto al formalismo matemático las dos relaciones tienen un significado análogo.

$$P = m \cdot v \quad [1]$$

$$F = -D \cdot s \quad [2]$$

Cada una caracteriza completamente un subsistema de un oscilador: la primera el cuerpo y la segunda el resorte. Para establecer la ecuación diferencial del oscilador bastan las ecuaciones [1] y [2], y la ley de conservación de la cantidad de movimiento.

Se puede entender que en la definición del oscilador armónico se mencione únicamente la segunda ecuación, por el hecho de que se sobreentiende la validez de la primera, ya que las desviaciones observadas se presentan solamente para velocidades del orden de la velocidad de la luz. Parecería entonces innecesario insistir en dicha proporcionalidad, pero ¿no ocurre algo similar con la ecuación [2]? Al considerar e introducir el oscilador como un sistema consistente en un cuerpo y un resorte, ¿no se sobreentiende la validez de la ecuación [2]? ¿Quién supondría que en esta situación el resorte se puede extender más allá de su límite elástico?

Un buen método para analizar un problema mecánico es compararlo con uno eléctrico. Evidentemente, un circuito eléctrico oscilante oscila armónicamente solo si para los dos elementos que constituyen el circuito, es decir, el condensador y el solenoide, son válidas las siguientes relaciones lineales:

$$Q = C \cdot V, \text{ y } n \cdot \Phi = L \cdot I.$$

Para establecer la ecuación diferencial del circuito oscilante bastan estas ecuaciones, más la ley de conservación de la carga eléctrica. En este caso es muy fácil alterar las proporcionalidades, por ejemplo, si se escoge un condensador electrolítico y/o un solenoide con un núcleo de hierro. A pesar de esto no se formula un teorema de la forma:

“Una oscilación eléctrica libre es armónica, cuando y solo cuando obedece a...”

3. ¿Es realmente necesario un nombre especial –fuerza recuperadora– para la fuerza del oscilador? Al hacer lo propio en el caso eléctrico se tendría que “renombrar” la tensión en el circuito oscilante: “tensión descargadora” por ejemplo, cosa que afortunadamente no se hace.

Origen:

Las definiciones citadas son algunos de los muchos ejemplos del trato preferencial que se consagra a la mecánica, debido seguramente a su supremacía histórica.

Eliminación:

En general no se deben emplear frases y sentencias pretendiendo un rigor donde este no existe, ni se encuentra científicamente justificado. En este caso basta el empleo de frases y explicaciones “normales”, es decir, se puede mencionar la proporcionalidad entre la fuerza y la elongación, pero sin darle una importancia particular. Es una proporcionalidad que existe al igual que muchas otras, que no se mencionan específicamente.