

Incorporación de instrumentación virtual en el estudio experimental del oscilador de densidad

Y. A. Melo^{*1}, W. J. Alvarez^{**1} y M. C. Cifuentes^{***1}

¹ Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional. Calle 72 N° 11-86, AA75144 Bogotá D.C, Colombia

PACS 01.50.Lc, 47.54.De y 07.05.Hd.

Resumen

En campos como la oceanografía o meteorología, los sistemas objeto de estudio son complejos, y los comportamientos de interés ocurren cuando estos sistemas macro son sometidos a restricciones de tipo espacial o temporal. En el caso de la oceanografía, haciendo uso de la restricción espacial se configura un dispositivo que permite reproducir de cierta manera su comportamiento en lo que se refiere a oscilaciones de relajación auto inducidas. Este dispositivo recibe el nombre de oscilador de densidad. La evolución de los estados del oscilador da pie para formular una propuesta donde se vinculen herramientas informáticas de registro. De esta manera se configura un mecanismo alternativo, novedoso y práctico para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos oscilatorios a partir de oscilaciones de relajación autoinducidas en flujos unidireccionales.

Abstract

In fields as oceanography or meteorology, studied systems are complex, and the interest behaviors happen when these macro systems has space or temporary restrictions. In the case of oceanography, using a space restriction is conformed a device that allows to reproduce of certain way its behavior about to self-induced relaxation oscillations. This device receives the name of density oscillator. The evolution of the oscillator states allows to formulate a proposal where computational registry tools are tied. In this way an alternative, novel and practice mechanism is presented for teaching and learning of oscillating phenomena from self-induced relaxation oscillations in unidirectional flows.

1 Introducción

La ciencia genera y acumula conocimiento científico realizando estudios sistemáticos de los fenómenos naturales, y se vale del modelamiento para establecer principios generales que se instauran con la organización de los resultados. En campos como la oceanografía o meteorología, los fenómenos objeto de estudio son complejos, y los comportamientos de interés se producen cuando estos sistemas macro son sometidos a restricciones de tipo espacial o temporal. En el caso de la oceanografía, haciendo uso de la restricción espacial se configura un dispositivo que permite reproducir de cierta manera su comportamiento en lo que se refiere a oscilaciones de relajación auto inducidas. Este dispositivo, descubierto por Martin en 1970 [1] se denomina OSCILADOR DE DENSIDAD.

Un oscilador de densidad, es un sistema no lineal sencillo que consiste de dos contenedores que separan fluidos de diferente densidad. El contenedor interno esta provisto de un tubo capilar vertical de dimensiones conocidas ubicado en su parte inferior, que dirige el fluido denso al contenedor externo y viceversa. Los fluidos que se alojan en el contenedor interno son soluciones salinas (densidad ρ_s) y el

* e-mail: yedissonphysics@gmail.com,

** e-mail: javieralvarezr@gmail.com

*** e-mail: mcifuentes@pedagogica.edu.co, Telefono (091) 5941894 ext 242 - 247

contenedor externo aloja agua (densidad ρ_w). Cuando los niveles de los fluidos se encuentran a la misma altura, se observa un flujo unidireccional de solución salina dirigido en sentido descendente a través del capilar. Después de un tiempo se observa un cambio en el sentido de flujo y del líquido que lo conforma (agua pura); el proceso se invierte nuevamente luego de algún tiempo en un ciclo alternante; estableciéndose una dinámica de oscilación entre los líquidos.

El estudio de esta dinámica se presenta como un fenómeno relativamente nuevo, y por tanto es usual encontrarlo solo en publicaciones seriadas y no tratado como tema particular en libros de dinámica de fluidos. Se pueden mencionar sin embargo artículos de Steinbock, Lange y Rehberg [2]; de Duarte, Strier y Zanette [3] y finalmente de J. Güémez [4] del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Cantabria. Particularmente en Colombia se encuentra el trabajo monográfico desarrollado por Nelson Rincón y dirigido por el profesor Fabio Fajardo de la Universidad Nacional [5]. Sin embargo, no se ha encontrado hasta el momento literatura correspondiente a la implementación del oscilador en la enseñanza de la física universitaria y sus posibles implicaciones didácticas, así como de la vinculación de instrumentación virtual para su estudio.

2 Desde la importancia del trabajo práctico

Los problemas naturales estudiados por la física son complejos y en la mayoría de las situaciones éstos involucran diversos campos fenomenológicos, que dentro del contexto de la enseñanza de la física son desarrollados en cursos diferentes, por lo cual su estudio suele ser fragmentado a la luz de un campo particular, lo que genera una visión poco holística del fenómeno. Razón por la cual la búsqueda de situaciones que permitan hacer estudios de fenómenos estructurados que pueden ser vistos en toda su complejidad es una de las tareas de los maestros de física.

Si se explora en detalle un sistema como el oscilador de densidad, se encuentra un fenómeno interesante que vincula dos campos de la física que por lo general se desarrollan de manera independiente, como lo son la dinámica de fluidos y la física ondulatoria, que se complementan para lograr una explicación del sistema.

Por otra parte es importante resaltar que para desarrollar un estudio de éste fenómeno la ruta inicial se puede configurar a partir de un trabajo práctico que implica la experimentación. Esto apunta al hecho de que la educación científica no solo debe centrarse en los conceptos y leyes, sino también en los procesos de la ciencia: una disciplina empírica donde los experimentos juegan un papel crucial [6]. De ahí que los trabajos prácticos pasen a ocupar un lugar preferente en la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular, no sólo por el indudable poder motivador que a priori se les concede, sino también, por la gran capacidad que se les atribuyó para familiarizar a los alumnos con la metodología científica [7]. Dichos trabajos son de gran importancia, ya que abren espacio a experiencias concretas y a oportunidades de confrontar las ideas de los alumnos, establecen oportunidades para manipular datos usando ordenadores, generan espacios para el desarrollo de habilidades en pensamiento lógico y organizacional y proveen oportunidades para entender y comunicar la naturaleza desde la ciencia [8].

De esta manera la configuración de trabajos prácticos desde el oscilador de densidad trascienden en el escenario de la enseñanza de la física universitaria pese a que están condicionados por una gran cantidad de restricciones de tipo logístico, económico y funcional. Sin embargo estas restricciones se presentan al profesorado como un espacio para la planeación de trabajos prácticos donde el uso de dispositivos de características específicas, esta ligado a la utilización de materiales de bajo costo y fácil acceso, y es en este punto donde la labor del maestro cobra matices que difieren de lo convencional. Para las instituciones de educación en Colombia, este aspecto es crucial y la búsqueda de dispositivos de bajo costo se constituye no solo como una prioridad sino como una necesidad.

En el caso de trabajos prácticos que se focalizan principalmente en la obtención de resultados de tipo cuantitativo, los dispositivos deben ser en lo posible exactos; condición que en la mayoría de los casos se traduce en la utilización de equipos de alto costo a los que no todas las instituciones tiene acceso. Para trabajos cuyo fin es la obtención de resultados cualitativos, ocasionalmente la exactitud pasa a un se-

gundo plano, siempre y cuando el dispositivo reproduzca el fenómeno a tal punto que no genere espacios para ambigüedades y sea lo suficientemente oportuno para el estudiante. En cualquier caso es mejor contar con equipos que se puedan reproducir con facilidad, que sean exactos y a la vez que su costo no se convierta en obstáculo para la experimentación. En este orden de ideas, el oscilador de densidad, gracias a su simplicidad experimental y alto grado de reproducibilidad se presenta como un excelente sistema de estudio [2] convirtiéndose en una herramienta óptima para la formación de estudiantes que estén en contacto con el quehacer científico actual.

Realizar prácticas de aula que vinculen el oscilador de densidad y que cumplan con los objetivos que se proponen es relativamente fácil. Desde el punto de vista de las actividades de tipo cuantitativo, se pueden realizar registros a propósito de la influencia de ciertos parámetros del sistema en el periodo de oscilación, y de los voltajes obtenidos. Desde el punto de vista cualitativo se pueden observar regímenes de flujo y generar un espacio para que el estudiante elabore explicaciones acerca de la oscilación que acontece hacia el cambio de dirección del flujo así como de las condiciones para las que esta se cumpla en un flujo unidireccional (comparándolo, por ejemplo, con el experimento típico de Galileo del vino rojo [9, 10]).

3 Instrumentos para la medición de voltajes

Gracias a las propiedades eléctricas de las soluciones acuosas, que resultan de la movilidad de los iones que están presentes en las soluciones de electrolitos fuertes y débiles, es posible la obtención de potenciales que, como producto de la inversión de los flujos en el oscilador y de los cambios en la concentración salina, son de tipo oscilatorio. Dicho potencial puede ser capturado mediante electrodos ubicados en los contenedores y conectados a un dispositivo de registro que permite la inclusión de herramientas para el análisis temporal de las variaciones de la concentración, de la altura de los líquidos y de su densidad en los contenedores.

3.1 Registro estándar de voltaje.

El montaje experimental original que se utilizó para la inclusión de herramientas de adquisición de datos está constituido por un beaker de 2000 ml, una jeringa plástica de 60 ml con agujas metálicas, electrodos de cobre, una solución de NaCl en agua y azul de metileno. El primer registro que se obtiene de los potenciales oscilantes se hace al incluir en el dispositivo original un multímetro digital que captura la información de los electrodos (Fig. 1).



Fig. 1 Inclusión del Multímetro digital en el dispositivo original del OSCILADOR DE DENSIDAD.

La implementación del multímetro permite al estudiante familiarizarse con la toma de datos y lo condiciona para que elabore sus propias gráficas, estimulando el tratamiento de la información y permitiéndole desarrollar su capacidad de análisis y síntesis. No obstante, la captura de potenciales hace de la

adquisición de los datos un trabajo dispendioso y poco efectivo debido a que los intervalos de variación entre los registros son demasiado cortos y el tiempo que tarda el sistema para autorregularse es del orden de días (dependiendo de la concentración de la solución). Cabe señalar que se encuentran multímetros con software incorporados como el PROTEK 506 que solucionan de sobremanera los problemas que se señalaron; sin embargo estos multímetros son poco comunes y no en todos los laboratorios se tiene acceso al él.

3.2 Registro de voltaje usando la tarjeta de sonido [11]

Generalmente la adquisición de datos tiene como fin, adquirir señales análogas de una o más fuentes y convertirlas en una secuencia de datos o códigos digitales que representan el valor instantáneo de la señal presente. Para poder realizar este proceso se debe contar con dispositivos digitales (computadores, microprocesadores, microcontroladores, DSP's) que conviertan las señales en datos adecuados para ser almacenados o analizados, automática o posteriormente. Nos valemos de la posibilidad de la adquisición de señal empleando la tarjeta de sonido que incorpora el PC. Sin embargo, esta tarjeta posee varias limitaciones que deben ser consideradas a la hora de realizar la adquisición. Algunas de estas limitaciones son:

- No es posible realizar medidas de tensión DC. Las tarjetas de sonido usan condensadores en el paso de la señal, de forma que cualquier nivel DC es eliminado. Esto significa también que existe un límite para frecuencias bajas debido a la característica pasa-altas de los condensadores en línea.
- La impedancia de entrada es baja. Las medidas se hacen usando la línea de entrada 'Line-In'. En general, las tarjetas de sonido presentan una impedancia más baja, del orden de 600 Ohmios a 47Kohms.
- Podríamos usar la entrada de Micrófono 'Mic-In' para conseguir una mayor sensibilidad, pero el ruido es mayor y muchas tarjetas de sonido sacan un nivel de tensión para alimentar el micrófono. Si se usa esta entrada, es necesario un condensador que bloquee esta tensión.
- El nivel de grabación en las tarjetas de sonido se fija normalmente con un control 'slider'. No hay una calibración inicial; debe hacerlo el usuario.
- Las tarjetas de sonido proporcionan un rango de tensión de entrada 'Line-In' de +/- 400mV. La entrada de micrófono es mucho más sensible. Solo son funcionales sensores de baja tensión de salida AC y baja impedancia de salida.
- Las tarjetas de sonido no disponen de disparador 'trigger' Aunque, en cierto grado, estas limitaciones pueden ser cubiertas por software, los problemas de calibración continúan ya que el nivel del disparador no suele ser muy preciso.

3.2.1 Registro de voltaje usando la tarjeta de sonido y un Instrumento Virtual (VI)

Un segundo registro que se obtiene de los potenciales oscilantes se establece al reemplazar el multímetro y las conexiones de este a los electrodos por un cable monofónico blindado con las especificidades requeridas para la conexión al ordenador; las entradas corresponden a la conexión positiva y negativa, y el conector tipo clavija es conectado a la entrada de sonido del PC (Dependiendo del tipo de análisis, y de la tolerancia de la tarjeta de sonido, los potenciales registrados se pueden amplificar o reducir con el uso de amplificadores operacionales básicos). Las diferencias de potencial se interpretan por medio de un instrumento virtual (VI) diseñado en el ambiente virtual LABVIEW 7.0 de la National Instruments.

Labview es un lenguaje de programación gráfico que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones en donde la configuración de herramientas virtuales se hace posible de manera sencilla. Usa programación de flujo de datos y construye un tablero usuario – interfase denominado panel frontal. Los programas de Labview se denominan Instrumentos virtuales porque su apariencia y operación imitan instrumentos físicos, como los osciloscopios y los multímetros. Todos los VI usan funciones de entrada que se manipulan desde el usuario-interfase y despliegan esta información o la mueven a otros

archivos u ordenadores [12]. Finalmente, Por ser un lenguaje orientado a experimentación, las herramientas matemáticas para análisis de que el programa dispone no requieren programación codificada y a pesar de que la comunicación usuario-interfase es de carácter tradicional el resultado de los estudios que en el se realizan son confiables.

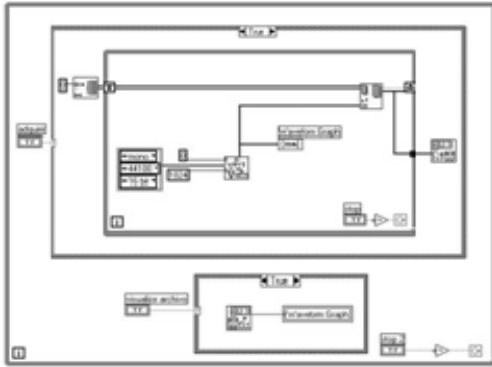


Fig. 2 Diagrama de bloques para la adquisición de datos usando la tarjeta de sonido en Labview 7.0 [11]

3.3 Registro de voltaje usando la tarjeta de adquisición de datos de la National Instruments

Se presenta un instrumento virtual diseñado desde el lenguaje de programación LABVIEW (Ambiente virtual de la National Instruments). El dispositivo cuenta con una tarjeta de adquisición de datos especial que hace parte del inventario del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), el instrumento fue diseñado en la versión LABVIEW 6.0. En la Fig. 3 se muestra el VI y la gráfica de potencial contra tiempo para el oscilador de densidad.

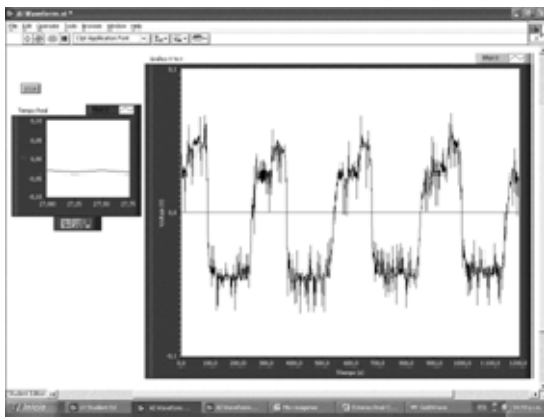


Fig. 3 Instrumento virtual (VI) en Labview 6.0: En la parte izquierda se observan los pulsos de voltaje registrados de manera directa desde el dispositivo. A la derecha se observa la gráfica de potencial contra tiempo en un intervalo de 1200 segundos

La implementación de la tarjeta de adquisición de datos permite un registro en simultáneo. Un estudio del oscilador puede hacerse ubicando varios dispositivos variando sus parámetros, facilitando la labor experimental. Se pueden realizar mediciones con tasas de muestreo desde 3 hasta 2×10^6 muestras por segundo, lo que hace de la tarjeta una herramienta de precisión de alto nivel. A nivel técnico, se puede mencionar que la tarjeta tiene impedancia alta, a diferencia de la tarjeta de sonido; y nos proporciona diferentes rangos de medida de potencial reales, simplificando totalmente la labor de calibración. No obstante, Labview no es un software de libre licencia, razón por la cual, su consecución es limitada y la tarjeta de adquisición es de un elevado costo.

4. Conclusiones

El oscilador de densidad se muestra como un sistema de interés para el desarrollo de trabajos de aula, en el campo de la física, debido a que permite involucrar la dinámica de fluidos con los fenómenos oscilatorios, que tradicionalmente se presentan inconexos en el contexto de la enseñanza de la física. Adicionalmente se convierte en un escenario ideal para el desarrollo de trabajos prácticos cualitativos y cuantitativos, en los cuales se puede estudiar el efecto de los parámetros del sistema: concentración salina, tipos de sal, dimensiones y geometría de los contenedores, longitud y diámetro del capilar, entre otros, sobre el periodo de oscilación y los regímenes de flujo observados.

Otro aspecto a destacar es la existencia de una diversidad de sistemas de medición de voltaje que se pueden emplear, para realizar trabajos prácticos con el oscilador de densidad, dependiendo de las necesidades e intenciones que se proyectan para cada una de ellos. Sin embargo es de notar que la implementación de sistemas de adquisición, control y procesamiento de datos como los desarrollados por la National Instruments, son una herramienta útil a la hora de realizar el estudio de los parámetros del sistema porque permite realizar hasta ocho mediciones simultáneas durante periodos de tiempo prolongados.

Bibliografía

- [1] S. Martin, *geophys. Fluid dyn.* 1 (143) 1970
- [2] Steinbock, Lange y Rehberg: Density oscillator: analysis of flow dynamics and stability, *physical review letters*, 81 (4) 1998
- [3] A. Duarte, D. Strier e, y D. Zanette: The rise of a liquid in a capillary tube revisited: a hydro dynamical approach, *Am. j. phys.* 64 (4) 1996
- [4] J. Güémez: Laboratorio de termodinámica, demostraciones de osciladores salinos, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cantabria
- [5] N. Rincón, F. Fajardo: Estudio de un oscilador de densidad mediante medidas de potencial eléctrico, Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Bogotá, Colombia, 2005
- [6] O. De Jong: Los experimentos que plantean problemas en el aula de química: dilemas y soluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2) 1998
- [7] L. González y A. Mazario: El papel del laboratorio en la enseñanza de las ciencias experimentales, *Educación Universitaria*, 2000
- [8] O. Barbera, P. Valdez: El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión, *Enseñanza de las ciencias*, 14 (3) 1996
- [9] C. D Galles y H. Belluccia: Galileo's red wine oscillator, *Am. j. phys.* 60 (393) 1992
- [10] J. Naranjo: los trabajos experimentales de galileo galilei. (Universidad Nacional de Colombia – Centro Editorial, Bogotá, 1998).
- [11] J. Villena: Tarjeta de sonido vs. t. Adquisición de datos, [Online]. Available: http://perso.wanadoo.es/jovilve/sound_card/sonido.zip [Diciembre de 2006]
- [12] Tutorial Labview [Online]. Available: <http://www.ni.com> [Diciembre de 2006]