

Capítulo 1

Introducción

El estudio de la propagación de ondas comprende una multitud de fenómenos físicos de diversa naturaleza. El sonido (ondas acústicas), las olas (ondas gravitatorias y capilares), los terremotos (ondas sísmicas y elásticas) y la luz (ondas electromagnéticas), son algunos de los ejemplos más cotidianos y palpables de fenómenos de propagación de ondas.

Otros fenómenos físicos más complejos y abstractos como son las ondas gravitacionales (ligado a la teoría general de la relatividad) y el estado cuántico de un sistema de partículas (ligado a la mecánica ondulatoria) también tienen su raíz en la propagación de ondas

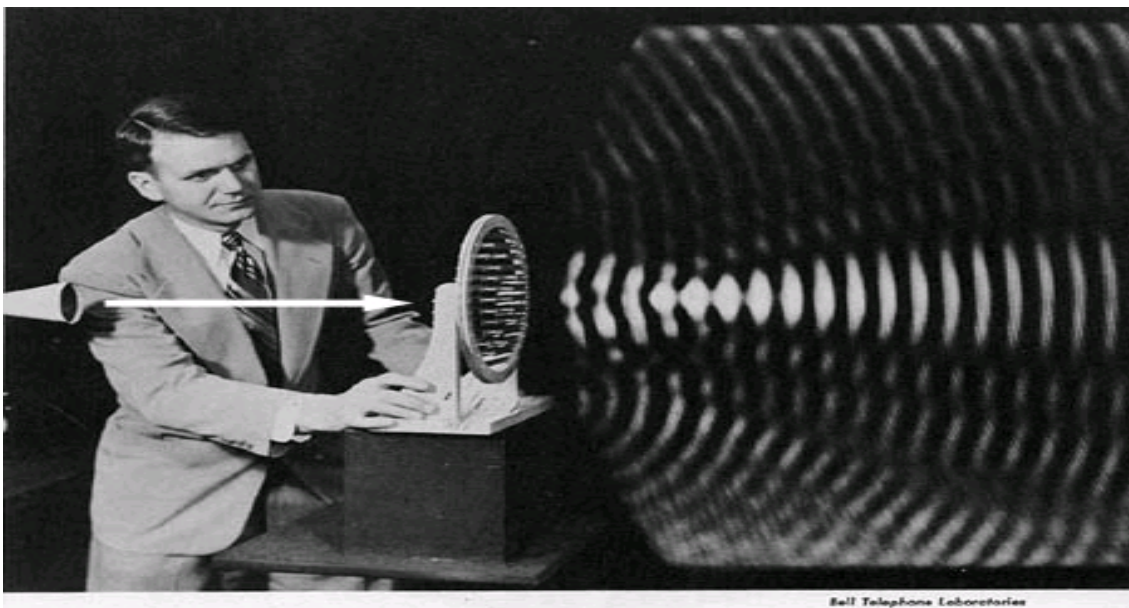


Figura 1.1. Sonido. Propagación de ondas acústicas



Figura 1.2. Olas. Propagación de ondas gravitatorias y capilares

Todos los fenómenos de propagación de ondas tienen en común la transmisión de una perturbación de las magnitudes físicas del problema, de un punto del espacio a otro a una velocidad finita. En el caso de ondas mecánicas, esta perturbación se da sin necesidad de un desplazamiento entre dichos puntos de las partículas del medio. Así, para las ondas acústicas, se dará la transmisión de una perturbación en la presión en algún punto del medio de propagación (fluido) a una velocidad igual a la velocidad del sonido en dicho medio. Para las ondas electromagnéticas, en cambio, se producirá la transmisión de una perturbación en el campo eléctrico en algún punto del medio de propagación (vacío, fluido o sólido) a una velocidad igual a la velocidad de la luz en dicho medio.

Matemáticamente, la propagación de ondas se modela mediante una *ecuación de ondas*, obtenida a partir de las ecuaciones generales que gobiernan el fenómeno en cuestión. En el caso de ondas acústicas, dichas ecuaciones son las *ecuaciones de Navier-Stokes*. Por otro lado, las ecuaciones que gobiernan la propagación de ondas electromagnéticas vendrán dadas por las *ecuaciones de Maxwell*.

La ecuación de ondas es una ecuación diferencial en derivadas parciales (EDP) de segundo orden en las variables espaciales y en el tiempo, y predice el valor de la

perturbación propagada en cualquier punto del espacio e instante de tiempo a partir de su valor inicial y condiciones de contorno en el dominio de interés.

Centrándonos en la propagación de ondas acústicas, la ecuación de ondas, por tanto, nos permitirá plantear y solucionar los diferentes fenómenos ondulatorios asociados como son la radiación de ondas acústicas, la difracción, o el scattering o dispersión. La simulación de estos fenómenos en el dominio del tiempo permite visualizar y analizar los resultados de forma palpable y didáctica.

Entre las aplicaciones tecnológicas que se derivan del presente trabajo está el estudio de la radiación de ultrasonidos sobre microburbujas para mejorar la resolución y contraste de las imágenes ecográficas, NMR, etc. Es por ello por lo que se incide sobre el problema de la dispersión acústica por burbujas. Asumiendo una geometría sencilla (una única burbuja esférica), haremos uso de la técnica de separación de variables para la resolución de este problema.

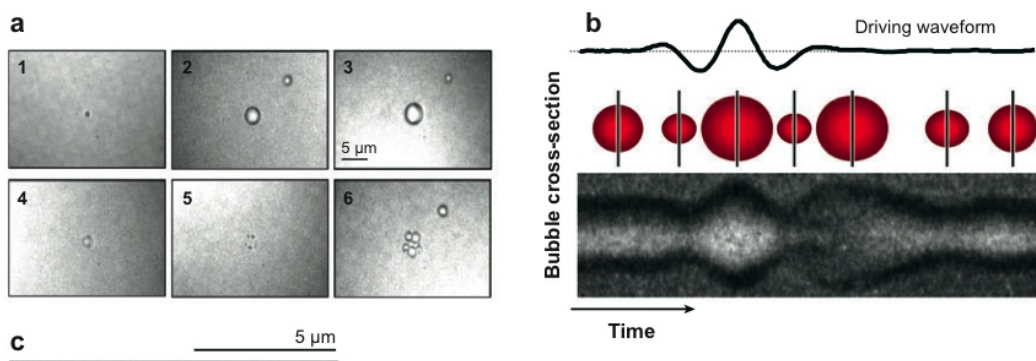


Figura 1.3. (a y b): La superficie de las microburbujas vibran en función del campo acústico aplicado. (c): imagen de una ecografía tridimensional