

CAPÍTULO IV

Matemática en la Medicina y en la Aeronáutica

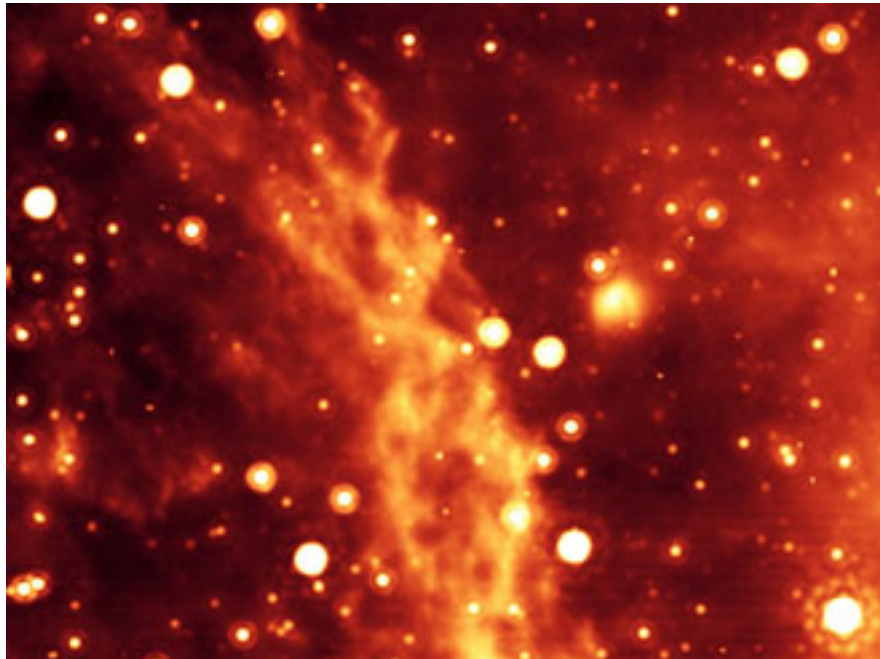
¿Qué tienen que ver la Medicina y la Aeronáutica con la Matemática? Uno de los puntos que unen estas dos actividades humanas que parecen tan distantes es la utilización de ondas para la tecnología más avanzada en estas dos áreas.

Las ondas pueden ser mecánicas o electromagnéticas. Las ondas mecánicas son aquellas en las que la energía se transmite a través de un medio material, sin un movimiento de masa del propio medio. El sonido, que viaja a través de la atmósfera y las olas de un lago que viajan a través de la superficie del agua son ejemplos de ondas mecánicas.



Olas en el Lago Titicaca

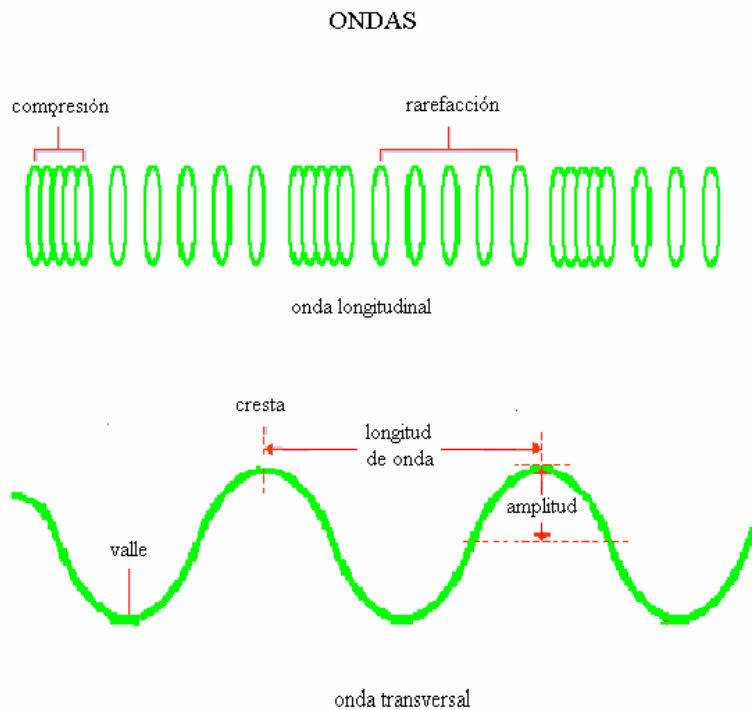
La única forma de movimiento de onda que no requiere ningún medio material para su transmisión es la onda electromagnética; en este caso el desplazamiento de fuerza es de campos eléctricos y magnéticos en el espacio. Los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioleta, la luz visible, las ondas de radio y las microondas, son ejemplos de ondas electromagnéticas.



Nebulosa de doble hélice en la Vía Láctea (NASA)

¿Cómo son las ondas? Las ondas se han dividido en dos tipos según la dirección de los desplazamientos de la dirección del movimiento de la propia onda. Si la vibración es paralela a la dirección de movimiento, la onda es conocida como una *onda longitudinal*.

La onda longitudinal siempre es mecánica porque es el resultado de condensaciones sucesivas (estado de densidad y presión máximo) y rarefacciones (estado de densidad y presión mínima) del medio. Las ondas del sonido representan esta forma de movimiento de la onda.



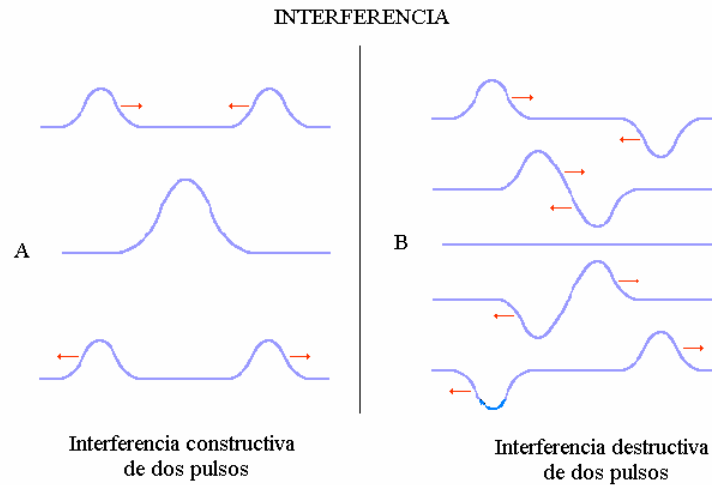
Otro tipo de onda es la *onda transversal* en la que las vibraciones están en los ángulos rectos a la dirección de movimiento. Una onda transversal puede ser mecánica, como la onda proyectada en un cordón tenso que se sujeta a una vibración transversal; o puede ser electromagnética, como la luz, rayos X u ondas de radio. Algunos movimientos mecánicos de la onda, como ondas en la superficie de un líquido, son combinaciones de movimientos longitudinales y transversos además de producir el movimiento circular de partículas líquidas.

Para una onda transversal, la *longitud de onda* es la distancia entre dos crestas sucesivas o valles; para las ondas longitudinales, es la distancia de condensación a condensación o rarefacción a rarefacción. La *frecuencia* de la onda es el número de vibraciones por segundo. La *velocidad de la onda*, que es la velocidad a la que avanza, es igual a la longitud de onda por la frecuencia. El desplazamiento máximo involucrado en la vibración se llama la *amplitud de la onda*.

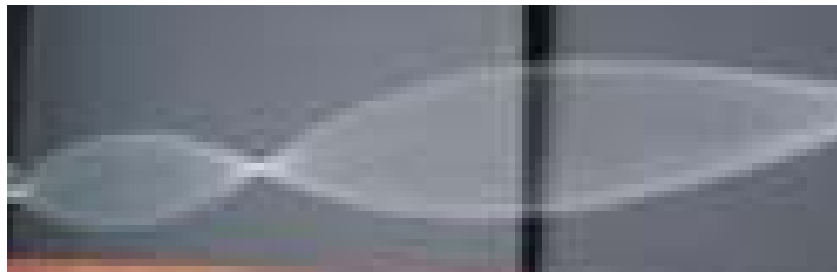
El movimiento ondulatorio es el mecanismo por el que se lleva energía de un lugar a otro en ondas mecánicamente propagadas sin la transferencia de materia.

La velocidad de movimiento de la onda en la materia depende de la elasticidad y densidad del medio. Una onda transversal en un cordón tenso, por ejemplo, la velocidad depende de la tensión del cordón y de la masa por unidad de longitud. La velocidad puede ser doblada cuadruplicándose la tensión o puede reducirse a la mitad cuadruplicándose la masa del cordón. El movimiento de ondas electromagnéticas a través del espacio es constante, aproximadamente 300,000 Km./seg., la velocidad de luz. Esta velocidad varía ligeramente cuando la onda pasa a través de la materia.

Cuando dos ondas se encuentran en un punto, el desplazamiento resultante de ese punto será la suma de los desplazamientos producido por cada una de las ondas. Si los desplazamientos están en la misma dirección, las dos ondas se refuerzan; si los desplazamientos están en la dirección opuesta, las ondas se neutralizan. Este fenómeno es conocido como *interferencia*.



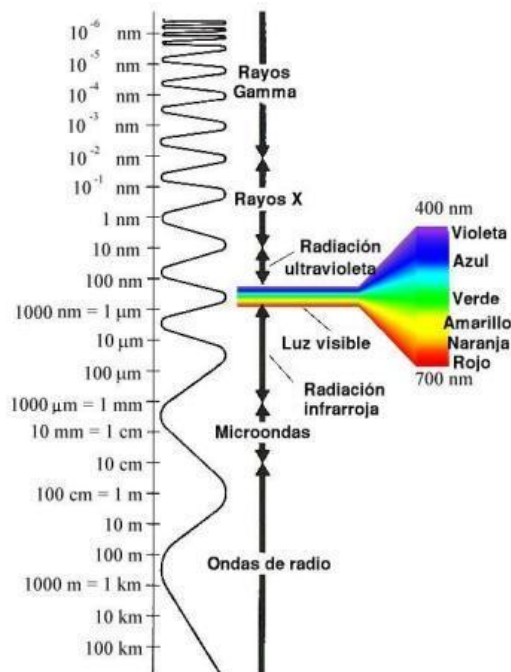
Cuando dos ondas de longitud y amplitud de onda iguales viajan en direcciones opuestas a la misma velocidad a través de un medio estacionario se forman ondas. Por ejemplo, si un extremo de una soga se ata a una pared y el otro extremo se agita de arriba a abajo, se reflejarán ondas a lo largo de la soga desde la pared.



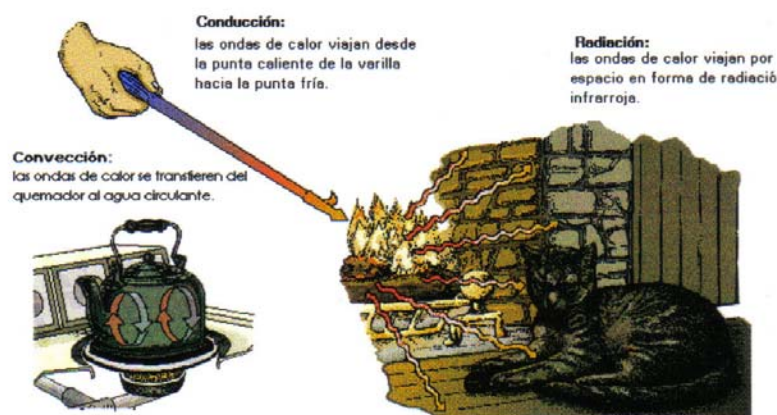
Asumiendo que la reflexión es absolutamente eficaz, la onda reflejada será la mitad de la longitud de onda reflejada. Habrá interferencia, y el desplazamiento resultante en cualquier punto dado y tiempo será la suma de los desplazamientos individuales. Ningún movimiento tendrá lugar en los puntos donde la cresta de la onda incidente se encuentra con el valle de la onda reflejada. A tales puntos se les llama *nodos*. A medio camino entre los nodos,

las ondas se encuentran en la misma fase; es decir, cresta coincidirá con cresta y valle con valle. En estos puntos la amplitud de la onda de la resultante es dos veces más grande que la onda incidente. Así, la soga es dividida en secciones del largo de la longitud de onda por los nodos a lo largo de la soga mientras la soga entre los nodos vibra transversalmente.

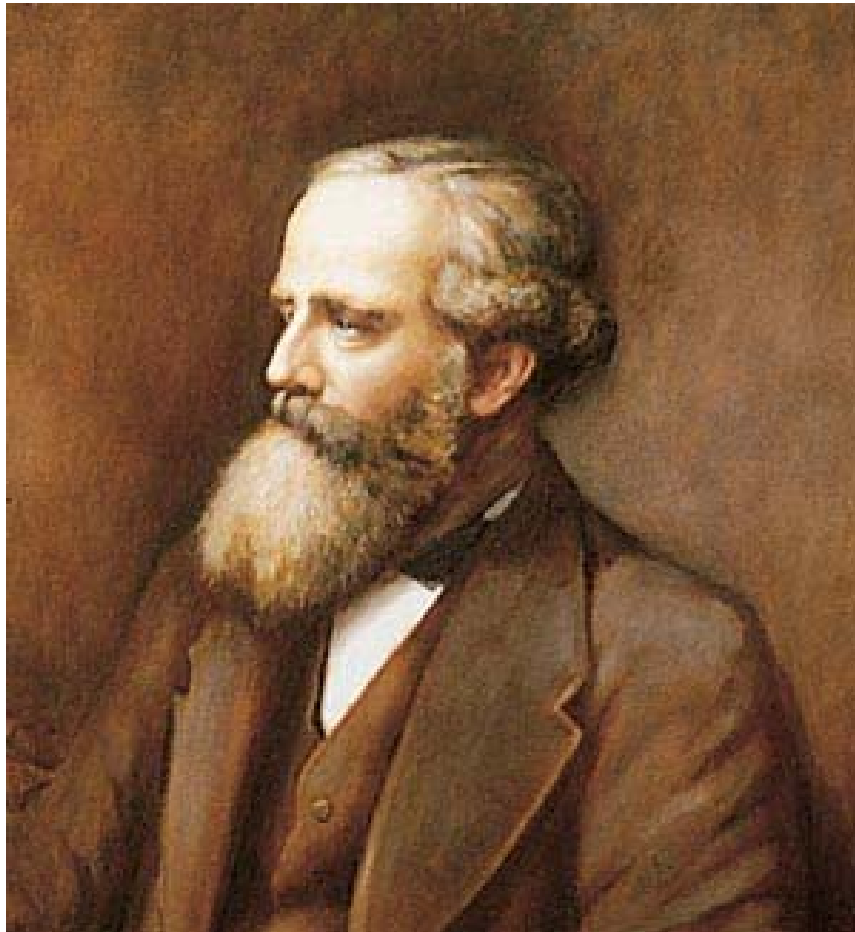
La radiación electromagnética consiste de ondas de energía producidas por la oscilación o aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen ambas componentes eléctrica y magnética. La radiación electromagnética puede colocarse en un espectro que se extiende desde las ondas de frecuencia sumamente alta y la longitud de onda corta a las de frecuencia sumamente baja y la longitud de onda larga. La luz visible es sólo una parte pequeña del espectro electromagnético. En orden de frecuencia decreciente, el espectro electromagnético consiste en rayos gamma, rayos X duros y suaves, radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, microondas y ondas de radio.



Hay tres fenómenos a través de los que la energía puede transmitirse: la radiación electromagnética, conducción y convección. La *conducción* es la forma en que se transmiten las ondas por medio de un cuerpo sólido. La *convección* es la forma en que las ondas pasan de un cuerpo sólido a uno líquido o gaseoso, la *radiación electromagnética* no necesita ningún medio material para la transmisión. Así, la luz y ondas de radio pueden viajar a través del espacio interplanetario e interestelar desde el sol y las estrellas a la tierra. Sin tener en cuenta la frecuencia, longitud de onda, o método de propagación, las ondas electromagnéticas viajan a una velocidad de 300 000 Km. por segundo en el vacío. Todos los componentes del espectro electromagnético, sin tener en cuenta frecuencia, también tienen en común las propiedades típicas de movimiento de la onda, incluso la difracción y la interferencia. Las longitudes de onda van de millonésimo de un centímetro a muchos kilómetros. La longitud de onda y frecuencia de ondas electromagnéticas son importantes determinando el efecto calorífico, visibilidad, penetración y otras características de la radiación electromagnética.

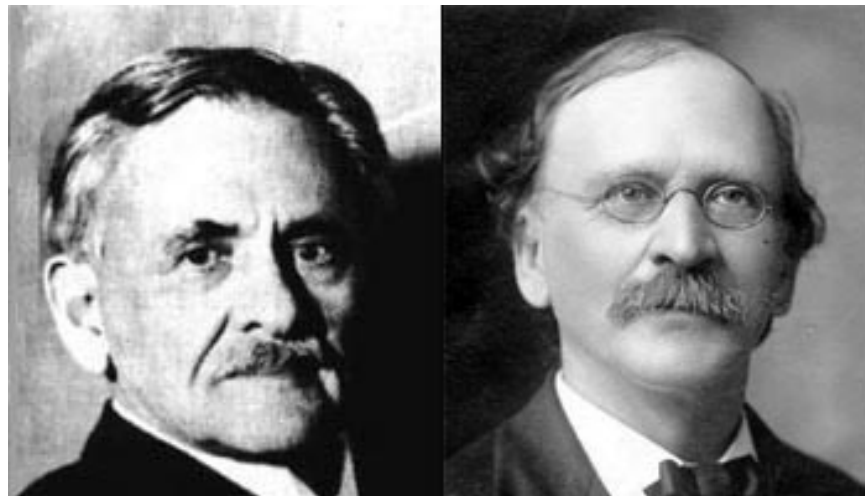


El físico británico James Clerk Maxwell (1831-1879) escribió la Teoría de Ondas Electromagnéticas en una serie de artículos publicados en la década de 1860 a 1870. Maxwell analizó la teoría de campos electromagnéticos matemáticamente y predijo que esa luz visible era un fenómeno electromagnético.



Los físicos sabían desde principios del siglo XIX que la luz se propaga como una onda transversa (una onda en la que las vibraciones entran una dirección perpendicular a la dirección en que avanza el frente de la onda). Sin embargo, supusieron que la

onda requirió algún medio material para su transmisión, por lo que ellos postularon la existencia de una sustancia sumamente difusa, a la que llamaron éter, como el medio inobservable. La teoría de Maxwell hizo semejante suposición innecesaria, pero el concepto de éter no fue abandonado inmediatamente, porque encajó en el concepto Newtoniano de un marco del espacio-tiempo absoluto para el universo. Un famoso experimento dirigido por el físico Alberto Abraham Michelson (1852-1931) y el químico Edward Williams Morley (1838-1923) a finales del siglo XIX sirvió para dispersar el concepto de éter y fue importante en el desarrollo de la teoría de relatividad. Este trabajo llevó a la conclusión de que la velocidad de radiación electromagnética en un vacío es invariable.



Sin embargo, al principio del siglo XX, los físicos encontraron que la Teoría de la Onda no consideró todas las propiedades de la radiación. En 1900 el físico Max Planck demostró que la emisión y absorción de radiación ocurren en unidades finitas de energía, conocidas como cuantas (os). En 1904, Albert Einstein pudo explicar algunos resultados experimentales enigmáticos en el efecto fotoeléctrico externo postulando que esa radiación electromagnética puede comportarse como una partícula.

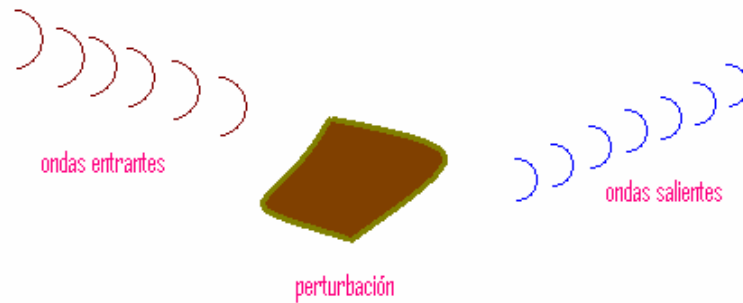
Otros fenómenos importantes que ocurren en la interacción entre la radiación y la materia, también pueden explicarse sólo por la teoría cuántica. Así, los físicos modernos se vieron obligados a reconocer que esa radiación electromagnética, a veces puede comportarse como una partícula y a veces como una onda. El concepto paralelo también exhibe la misma dualidad, es decir, que la materia presenta características de comportamiento como partícula y características de comportamiento como onda, esta teoría fue desarrollada en 1925 por el físico francés Louis Victor de Broglie.

La **Teoría de Dispersión** estudia el comportamiento de las ondas libres y perturbadas. Una onda es *libre* cuando no hay ningún objeto o fuerza que la altere. Diremos que una onda ha sido *perturbada* cuando se ha topado con algún objeto o fuerza, a esos objetos o fuerzas les llamaremos *perturbaciones*, por lo cual hay una gran diversidad de perturbaciones y dependiendo del tipo de perturbación con que se encuentre una onda, ésta se comportará.

Así, podría quedarse atrapada para siempre, quedarse atrapada por un tiempo y luego salir o salir inmediatamente con la misma o diferente frecuencia.

Diremos que una onda se dispersa si se comporta como una onda libre para tiempos muy remotos tanto en el pasado como en el futuro.

Esquemáticamente, podemos ver el tipo de problemas que conciernen a la Teoría de Dispersión: Un problema es, si conocemos cómo son las ondas entrantes y la perturbación, poder predecir como serán las ondas salientes. Otro problema es, si conocemos la perturbación y las ondas salientes, poder decir cómo eran las ondas entrantes. Y por último si conocemos las ondas entrantes y las ondas salientes, poder decir cómo es la perturbación.



La Teoría de Dispersión compara el comportamiento asintótico de un sistema cuando el tiempo tiende a menos infinito (pasado remoto) con su comportamiento asintótico cuando el tiempo tiende a más infinito (futuro remoto).

Esta teoría es especialmente fructífera en el estudio de sistemas construidos a partir de un sistema simple con la imposición de una perturbación, probando que la influencia de la perturbación para tiempos muy lejanos es casi imperceptible. A cada estado f del sistema perturbado le corresponden dos estados f_- y f_+ del sistema sin perturbar, con base en estos estados se construye el operador de dispersión.

La importancia del *operador de dispersión* radica en que si el obstáculo es remoto o inaccesible a la observación directa, entonces uno de los métodos principales para investigar su forma y/o composición es examinar las ondas transmitidas y reflejadas de varias frecuencias. Esto es similar a la interacción de los núcleos atómicos con ondas o partículas donde la escala del tiempo es tal que las observaciones hechas antes y después de un experimento pueden ser consideradas como que ocurren cerca de menos infinito y más infinito. Estas ondas reflejadas y transmitidas están íntimamente relacionadas con el operador de dispersión. Así, en estas situaciones, el operador de dispersión es lo observable de la interacción, y por esta razón es que Heisenberg, el fundador de la Teoría Cuántica Moderna, conjeturó que toda la información

pertinente acerca de las fuerzas nucleares está contenida implícitamente en el operador de dispersión.

Uno de los problemas básicos en esta teoría es el de extraer esta información, éste es el llamado "problema inverso de dispersión" y ha ocupado la atención de muchos físicos y matemáticos.

Esta teoría tiene muchas aplicaciones en diversas actividades del quehacer humano. Veamos como son las aplicaciones en los aparatos de tomografía tan utilizados en medicina.

Desde que en 1895 Röntgen descubriera los rayos X y obtuviera la primera radiografía, las virtudes y limitaciones de esta técnica de exploración quedaron de manifiesto. Las técnicas radiológicas han rendido desde entonces servicios muy valiosos a la medicina, tanto en el diagnóstico como en la terapéutica, pero sus progresos han sido sólo en cuestiones de detalle.

Cuando al tomar una radiografía estamos interesados en la exploración de un determinado punto, a las señales que contienen la información útil se le superponen las imágenes de todas las capas interpuestas entre el emisor de rayos X y la placa receptora donde se produce la imagen. Se unen a este problema otros de difracción y la invisibilidad de las zonas blandas (músculos, tendones, vasos sanguíneos y nervios), ya que tan sólo los huesos y el aire (exploración pulmonar) producen una atenuación manifiesta; por esta razón, algunas exploraciones requieren la adición de líquidos de contraste, que pueden entrañar algún peligro o resultar dolorosos.

Cormack conoció estas dificultades y aplicó su mentalidad de físico a su resolución. Era bien sabido que las diferentes intensidades que recoge una placa radiográfica son debidas a que los rayos X son absorbidos en forma proporcional a las distintas densidades de los tejidos que encuentran en su recorrido. Cabe pensar, por tanto, en el siguiente planteamiento: utilizando un haz de rayos X muy fino, se efectúa una primera medida de

atenuación; si desplazamos en un mismo plano la fuente emisora y el detector alrededor del objeto anatómico en estudio y efectuamos medidas sucesivas, obtendremos una información precisa sobre una delgada capa del mismo, información que permitirá la reconstrucción de sus zonas de distinta densidad, siempre que se disponga de las armas matemáticas necesarias para descifrarla. Las posibilidades de aplicación en la época en la que Cormack publicó sus estudios eran remotas y de ahí que entonces pasaran prácticamente inadvertidas.

En su momento, Hounsfield puso a punto las técnicas matemáticas que la aplicación de la tomografía axial computerizada (TAC) requería y diseñó el primer aparato de aplicación clínica, sobre todo en la exploración del cerebro, máxima utilización del TAC en la actualidad. El aparato analizaba una capa de ocho milímetros de espesor desde 180 posiciones distintas, con un total de 28 800 medidas por cada capa. Las figuras obtenidas eran como un corte anatómico realizado en el cerebro de un cadáver, lo que sugiere en la posibilidad de hacer algo como "una autopsia a un hombre vivo". Una lesión, un tumor, un depósito anormal de calcio, todo queda visualizado sin temor al error.

En los ocho años que siguieron a la aparición en el mercado del primer aparato comercial, más de mil hospitales en todo el mundo lo incluyeron en sus instalaciones y ello pese a su elevado costo. Además de su fundamental aplicación en el campo diagnóstico, el TAC ha mostrado una gran utilidad como auxiliar en los tratamientos de tumores mediante radiaciones, pues permite una localización precisa y rápida de la zona a tratar.

El hecho de que toda la información que se obtiene esté contenida en la computadora permite visualizar el campo considerado en una pantalla desde diferentes ángulos y perspectivas, lo cual puede facilitar en grado extremo una intervención quirúrgica.

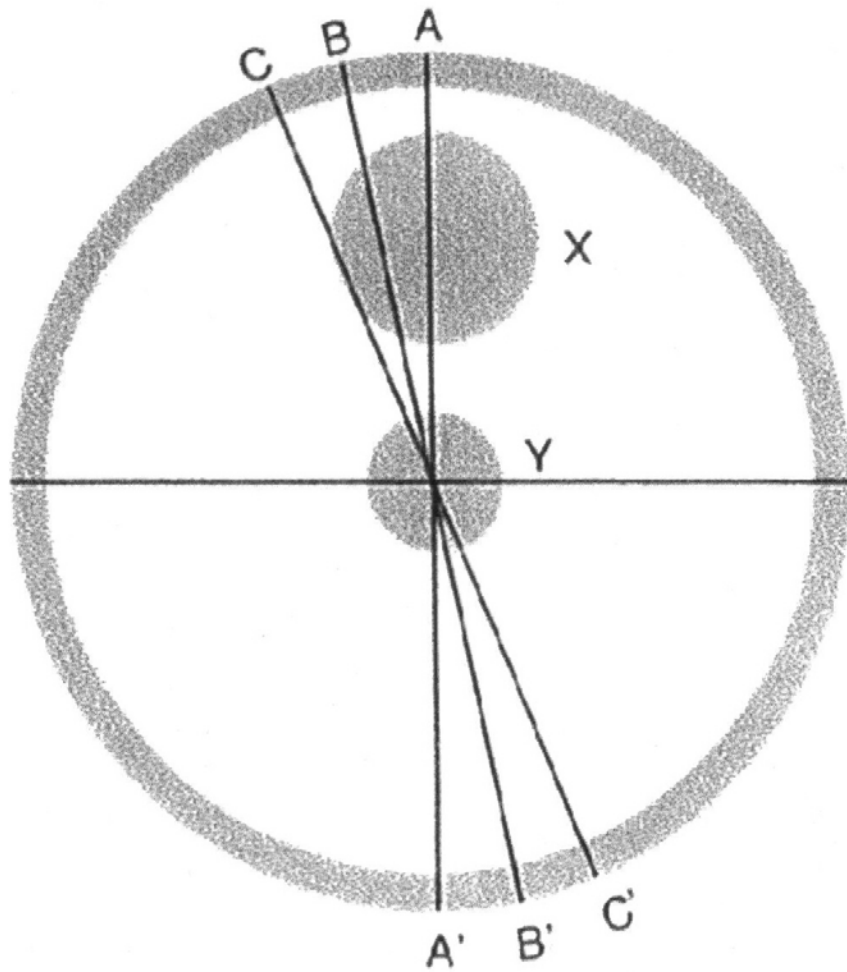


Los progresos inmediatamente previsible pueden descartar el empleo de los rayos X, sustituyéndolos por corrientes de protones o por la resonancia magnética nuclear (RMN). Se están haciendo también intentos para lograr visiones dinámicas de la zona estudiada, lo que permitiría el análisis funcional además del anatómico.



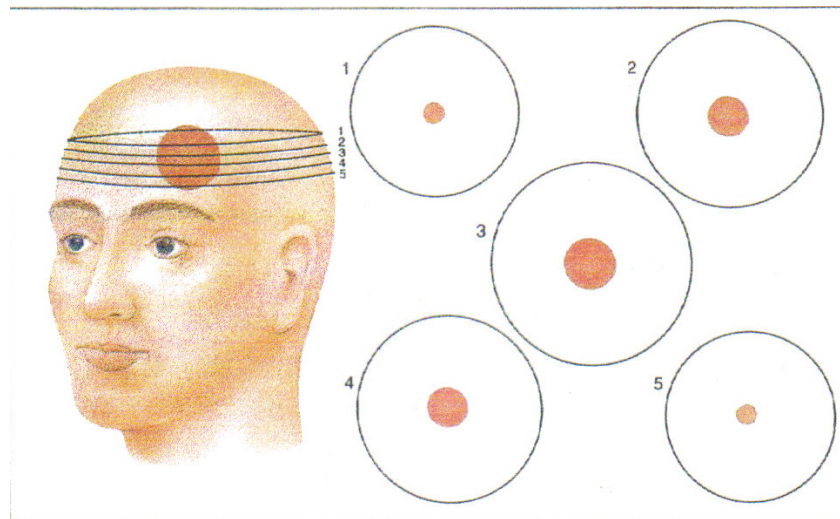
En 1917 el matemático Johann Radon (1887-1956) publicó un artículo donde mostraba que si se conocían todas las integrales de línea de una función en el plano, sin necesidad de conocer la función, entonces se podía reconstruir la función, a través de un operador que él construyó, el cual ahora lleva el nombre de *transformada de Radon*.

Veamos esquemáticamente cómo es esto.



La transformada de Radon nos permite recuperar una función en el plano conociendo todas las integrales de línea.

Estas ideas que había desarrollado Radon a principios del siglo pasado junto con el avance y desarrollo de las computadoras, más las nuevas investigaciones en la transformada de Radon, más los conocimientos acerca de la atenuación de las intensidades de los rayos X en el cerebro es lo que llevó Cormack y Hounsfield a la construcción del TAC.



El aparato de TAC envía ondas de rayos X sobre planos. Con la transformada de Radon se obtiene la forma y densidad sobre dicho plano. Realizando este procedimiento sobre varios planos se puede obtener una imagen tridimensional que también aporta información de densidad.

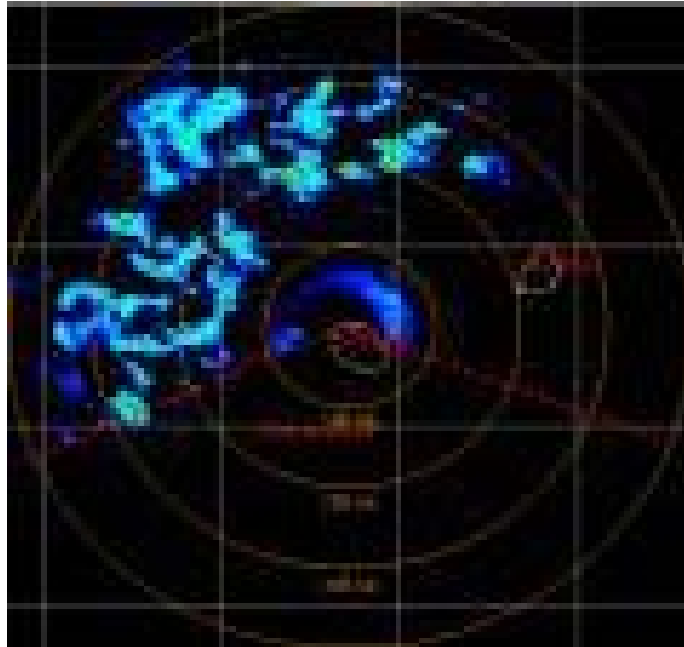


A partir de los Premios Nobel de Medicina en 1979 de Allan MacLeod Cormack y Godfrey Newbold Hounsfield (cuyas fotos aparecen arriba), quienes presentaron imágenes estáticas y aparentemente continuas del cerebro, se ha abierto un campo de investigación tratando de crear imágenes del cuerpo humano más reales.

Como podemos ver en este caso, se aplica la Teoría de Dispersión para el problema del tipo donde se conocen las ondas entrantes y salientes para poder conocer la perturbación. Ahora vemos como es utilizada esta teoría en la aeronáutica.



El radar es un sistema electrónico que localiza objetos más allá del rango de visión, y determina su distancia proyectando ondas de radio contra ellos. Los dispositivos de radar no sólo indican la presencia y rango de un objeto distante, sino que también determinan su posición en el espacio, su tamaño y forma, así como su velocidad y dirección de movimiento. Aunque originalmente se desarrolló como un instrumento de guerra, el radar hoy se usa extensivamente en muchas actividades de paz que incluyen el control de tráfico aéreo, los modelos de detectores del clima y rastreo de naves espaciales.



Todos los sistemas del radar emplean un transmisor de radio de alta frecuencia para mandar ondas electromagnéticas que van en longitud de onda de unos centímetros a aproximadamente un metro. Los objetos en el camino de estas ondas las reflejan hacia el transmisor. Los conceptos básicos de radar están basados en las leyes de reflexión de la radio-onda que es inherente en las

ecuaciones que gobiernan la conducta de ondas electromagnéticas desarrolladas por el físico británico James Clerk Maxwell en 1864. Estos principios se demostraron primero en 1886 en experimentos por el físico alemán Heinrich Hertz. El ingeniero alemán Christian Hülsmeyer fue el primero en proponer el uso de ecos de radio en un dispositivo detector que diseñó para evitar colisiones en navegación marina. Un dispositivo similar se sugirió en 1922 por el inventor italiano Guillermo Marconi.

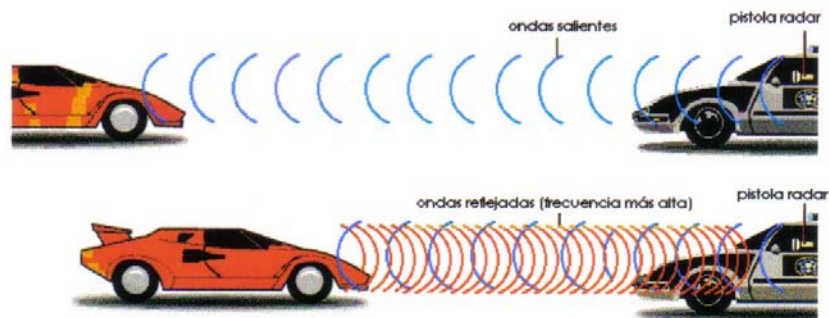
El primer sistema del radar práctico se produjo en 1935 por el físico británico Sir Robert Watson-Watt. Su trabajo dio a los británicos una ventaja importante con esta tecnología y para 1939 ellos habían establecido una cadena de estaciones del radar a lo largo de las costas sur y oriental de Inglaterra para descubrir a los agresores en el aire o en el mar. En ese mismo año, el físico Henry Boot y el biofísico John T. Randall inventaron un tubo de electrones con cavidad resonante al que llamaron *magnetron*. Este tipo de tubo es capaz de generar radio de alta frecuencia y permite el desarrollo del radar de microondas que opera en la misma banda de longitud de onda corta de menos de un centímetro que usa láseres. El radar del microonda LIDAR también llamado “rastreador ligero”, se usa hoy en día para comunicaciones y para medir contaminación atmosférica.

Los sistemas de radar avanzados desarrollados en los años treinta jugaron un papel importante en la Batalla de Bretaña, una batalla aérea de agosto a octubre de 1940 en la que el Luftwaffe de Adolfo Hitler no ganó el mando de los cielos de Inglaterra. Aunque los alemanes tenían sus propios sistemas de radar, a lo largo del resto de la guerra, los británicos y norteamericanos pudieron mantener superioridad técnica.

Las ondas de radio viajan a aproximadamente 300,000 Km./seg. (aproximadamente 186,000 mi/seg.), la velocidad de luz. El equipo de radar consiste de un transmisor, una antena, un receptor y un indicador. Los transmisores y receptores del radar normalmente se localizan en el mismo lugar. El transmisor transmite una viga de

ondas electromagnéticas por medio de una antena que concentra las ondas en una viga formada que apunta en la dirección deseada. Cuando éstas ondas golpean un objeto en el camino de la viga, algunas son reflejadas por el objeto y forman una señal de eco. La antena colecciona la energía contenida en la señal de eco y la entrega al receptor.

El radar de onda continua transmite una señal continua en lugar de pulsos. El radar Doppler utiliza una onda continua, la cual se usa a menudo para medir la velocidad de un objeto, como un automóvil o una pelota de béisbol. Éste transmite una frecuencia constante. Las señales reflejadas de objetos que están en movimiento regresarán a la antena con frecuencias diferentes debido al efecto de Doppler. De esta manera, la policía mide la velocidad de automóviles.



Durante la guerra del Golfo Pérsico en 1992, llamada Tormenta del Desierto, se utilizaron los aviones F 117, también conocidos como “aviones invisibles”, los cuales no son detectados por los radares.



Para finalizar esta exposición, resumamos algunas de las aplicaciones de la Teoría de Dispersión. La Teoría de Dispersión se aplica:

- en la Medicina, en los aparatos de tomografía. Sin necesidad de abrir a un paciente se puede observar si sus órganos están sanos o tienen tumores.
- en la Ingeniería Militar en los “aviones negros”,
- en la Astronomía, donde se estudia el comportamiento de ondas electromagnéticas en el espacio exterior para ver los distintos tipos de estrellas y encontrar hoyos negros.
- en la detección de yacimientos minerales, a través de imágenes de la Tierra tomadas desde satélites.

- en la Ingeniería, donde se están haciendo a nivel experimental, autos que no hacen ruido, (de hecho sí lo hacen pero se generan ondas inversas para anularlo).
- en la industria, donde aparatos analizan las vibraciones de los motores de grandes máquinas para ver si funcionan bien o en qué parte hay que darles mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Aceff Sánchez F. Teoría de Dispersión para la ecuación de onda con perturbaciones de rango corto. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias de la UNAM 1995.

Aceff Sánchez F. ¿Qué es la propagación de ondas?, Memorias del Instituto Mexicano de Ciencias y Humanidades 1993-1995.

Bartok, B. Allegro Bárbaro. Universal Edition. (1918)

Birkhoff, G.D. A Mathematical Theory of Aesthetics. Rice Institute Pamphlet. Vol. 19. (1932).

Birkhoff, G.D. Aesthetic Measure. Cambridge, Mass. (1933).

Birkhoff. G.D. Quelques Eléments Mathématiques de L'art. Atti Congr. Intern. d. Matem., Bologna. Vol.1. p. 315-333. (1929).

Birkhoff, G.D. Medida Estética. Universidad Nacional del Litoral, Rosario, Argentina. (1945).

Birkhoff G. MacLane S. Algebra. Mac Millan. (1968)

Bourbaki N. Eléments des Mathématiques, Algèbre. Herman. Paris. (1974).

[Da] Davis, P.J., Hersh R. The Mathematical Experience. Houghton Mifflin Co. Boston. (1981).

[D] Dieudonné, J. A Panorama of Pure Mathematics. Academic Press. (1982).

Keller J. B. A Geometrical theory of diffraction. calculus of variations and its applications, Proc. Sympos. Appl. Math., **8** (1958). 27-52; Math. Revs., **20** (1959), 103.

Keller J. B. Corrected Bohr-Sommerfeld quantum conditions for nonseparable Systems, *Annals Physics*, (1958), 180-188; *Math. Revs.*, 20 (1959), 934.

Keller J. B. Rays, waves and asymptotics, *Bull. Amer. Math. Soc.* **84** (1978), 727-750.

Keller J. B. One hundred years of diffraction theory, *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, \ **AP-33** (1985), 200-214.

Keller J. B. Semiclassical mechanics, *SIAM Rev.*, **27** (1985), 485-504.

Keller J. B. and Rubinow S. I. Asymptotic solution of eigenvalue problems, *Annals Physics*, **9** (1960), 24-75.

Kline M. *Mathematics in the Modern World*. Scientific American. (1968).

Lax P. and Phillips R. *Scattering Theory*. Academic Press 1967.

Lendvai, E. *Bela Bartok: An analysis of his music*, Kahn & Averill, London. (1979).

[M] *Mathematics in the Modern World*. Scientific American. W.H. Freeman and Co. San Francisco. (1968).

Mazzola, G. *Gruppen und Kategorien in der Musik: Entwurf einer mathematischen Musiktheorie*. R&E. 10. Helderermann Verlag Berlin. (1985).

Mazzola, G. *Mathematical Music Theory- An Informal Survey*. *Note di matematica e fisica*. CEFRIM, Anno 7., Vol.7, Locarno.(1994).

Mazzola, G. Towards Big Science: Geometric Logic of Music and its Technology. In: Symposionsband zur Klangart 1995, Hrsg. B. Enders, Rasch, Osnabrück 1998.

Mazzola, G. Mathematical Music Theory-Status Quo 2000. Publicaciones Electrónicas de la Sociedad Matemática Mexicana.

Mazzola, G. Classifying Algebraic Schemes for Musical Manifolds. Publicaciones Electrónicas de la Sociedad Matemática Mexicana. 2003.

Mazzola, G. www.encycloSPACE.org.

Mozart, W.A. K. 294 (Anh. C) Musikalisches Würfelspiel. B.Schott's Söhne. (1956)

Niven I. Zuckerman H. Introducción a la Teoría de los Números. Limusa. (1960)

[S] Sagan, C. Cosmos. Ed. Planeta. 1982.

LOS AUTORES

Flor de María Aceff

Flor de María Aceff nació en la Ciudad de México. Obtuvo el título de Profesora de Educación Primaria en la Escuela Nacional de Maestros en 1982. Después, en 1989, la Licenciatura en Matemáticas en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Posteriormente, en 1990 se graduó como Maestra en Ciencias Matemáticas. Finalmente obtuvo su Doctorado en Matemáticas en 1995, este último con la realización de la tesis “Teoría de Dispersión para la Ecuación de Onda con Perturbaciones de rango corto”.

La Dra. Aceff es Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realiza actividades de investigación, difusión y docencia tanto en el ámbito de licenciatura como de posgrado. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores y es miembro del Instituto Mexicano de Ciencias y Humanidades, de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, de la American Mathematical Society, de la Real Sociedad Matemática Española y de la Sociedad Matemática Mexicana.

Emilio Lluis-Puebla

En Emilio Lluis se conjugan la Ciencia y el Arte paralelamente. Nació en la Ciudad de México en septiembre de 1952. Por un lado, Emilio Lluis realizó sus Estudios Profesionales y de Maestría en Matemática en México. En 1980 obtuvo su Doctorado (Ph.D) en Matemática en Canadá. Es catedrático de la Universidad Nacional

Autónoma de México en sus Divisiones de Estudios Profesionales y de Posgrado desde hace veintiocho años. Ha formado varios profesores e investigadores que laboran tanto en México como en el extranjero.

Es autor de varios libros sobre K-Teoría Algebraica, Álgebra Homológica, Álgebra Lineal y Teoría Matemática de la Música publicados en las editoriales con distribución mundial Addison Wesley, Birkhäuser y Springer Verlag entre otras.

Es miembro de varias asociaciones científicas como la Real Sociedad Matemática Española y la American Mathematical Society. Es presidente de la Academia de Ciencias del Instituto Mexicano de Ciencias y Humanidades, presidente de la Academia de Matemática de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y presidente 2000-2002 de la Sociedad Matemática Mexicana.

Paralelamente, Emilio Lluís, inició sus estudios pianísticos a los 6 años de edad tras haber mostrado desde pequeño una gran disposición hacia la música. En México estudió con distinguidos pianistas. Durante los años setenta realizó estudios en Canadá con el extraordinario pianista Peter Katin y a lo largo de su carrera participó en diversos cursos pianísticos como los de Jörg Demus y Daniel Ericourt.

Es presidente de la Academia de Música de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Frecuentemente ofrece conferencias y cursos de perfeccionamiento pianístico en México y en el extranjero. En los años ochenta presentó el Ciclo Completo de las 32 Sonatas para piano de Beethoven. Es el primer pianista mexicano que interpreta tan majestuosa obra en salas de concierto. La Colección de "Emilio Lluís en CD y DVD" acaba de ser editada y consta de veintisiete CD y treinta DVD.

Sus actuaciones incluyen giras en repetidas ocasiones por Sudamérica y Europa, actuando como recitalista en Canadá,

Dinamarca, Alemania, Suiza, Portugal, República Dominicana, Costa Rica, Perú, Bolivia, Brasil, etc. y como solista de diversas orquestas sinfónicas nacionales así como extranjeras incluyendo la Sinfónica Nacional de La Paz y la Filarmónica de Río de Janeiro interpretando obras como el Concierto Emperador de Beethoven, el Concierto 2 de Brahms y el segundo concierto para piano y orquesta de Rachmaninoff.

Contraportada

Este libro tiene como propósito el de servir como motivación y orientación vocacional a los jóvenes deseosos de dedicarse a una de las aventuras más formidables del Ser Humano, la Matemática. También está dedicado a toda persona que desee obtener un concepto más aproximado acerca de la Matemática y sus practicantes.

“Matemática y matemáticos I” es un breve panorama sobre ese no tan desconocido mundo de la Música y de los músicos y de ese misterioso y prácticamente desconocido mundo del matemático y de la Matemática. ¿Cuáles son las fuentes de creación?, ¿Cuál es el papel del intérprete en la actualidad?, ¿Cuánta Matemática hay?, ¿Cómo se origina una teoría matemática?, ¿Qué significa la palabra Matemática?, ¿Cuáles son las fuentes de creación?, ¿Cómo es un matemático?, ¿Quiénes ingresan a una carrera de matemática y qué los motiva?, ¿Qué es la Matemática Aplicada? ¿Cómo ven a la Matemática y a los matemáticos otros profesionistas? Éstas son algunas de las preguntas, entre muchas otras, que se exponen con su respectiva respuesta. También se hace una reflexión acerca del momento histórico que nos ha tocado vivir en relación con éstas dos disciplinas y sus practicantes.

En “Matemática en la Música I” se expone el Juego de Dados Musical de Mozart K.294c y se analizan matemáticamente algunas de sus características. También se expone la Teoría de la Estética de George David Birkhoff y su aplicación a la Música en particular. Las sucesiones de Fibonacci, la razón áurea o proporción divina se presentan, así como su aplicación en la música de Bela Bartók. Brevemente se menciona el trabajo de Guerino Mazzola sobre su Teoría Matemática de la Música. También se hace otra reflexión acerca del momento histórico que nos ha tocado vivir en relación con éstas dos disciplinas y sus practicantes.

En “Matemática en la Matemática” se expone uno de los conceptos más antiguos de la misma, ampliamente desconocido por la gente común y los profesionales de múltiples disciplinas: la operación binaria o ley de composición. También se ve qué tan ciertos son unos “dichos populares” como son los de “tan claro como que dos y dos son cuatro” y “el orden de los factores no altera el producto” y se explica un poco la clasificación actual de la Matemática.

Dentro de “Matemática en la Medicina y en la Aeronáutica” se presenta la Teoría de Dispersión, (una parte muy interesante de la Física Matemática). Ésta constituye la base matemática de la tomografía y de la tecnología de los más avanzados aviones militares.