

nasium, pasando en 1865 a ser Privatdozent en la Universidad de Berlín y profesor extraordinario entre 1866 y 1869 en dicha universidad. Pasa posteriormente a Greifswald y en 1874 se va a Göttinga. Enseña durante nueve años en Heidelberg y en 1884 regresa a Berlín para ocupar la cátedra de Kummer, puesto que ocupará el resto de su vida.

Su obra científica está centrada en las ecuaciones diferenciales y en la teoría de funciones. Sus trabajos constituyen un puente entre las investigaciones de Cauchy, Riemann, Abel y Gauss y la teoría de Poincaré, Painlevé y Emile Picard. En 1865 Fuchs estudia las ecuaciones diferenciales ordinarias de orden  $n$  con funciones complejas como coeficientes. Fuchs enriqueció la teoría de ecuaciones diferenciales lineales con resultados fundamentales. Por ejemplo: qué condiciones deben exigirse sobre los coeficientes de una ecuación diferencial de forma que las soluciones tengan propiedades buscadas (regularidad, etc.); esto le lleva a introducir una importante clase de ecuaciones diferenciales lineales en el dominio complejo con coeficientes analíticos (ecuaciones de Fuchs). En 1876 estudia las integrales elípticas como función de un parámetro, estudios que marcan un importante avance en la teoría de funciones modulares. Fuchs estudia las funciones obtenidas mediante inversión de las integrales de las soluciones de ecuaciones lineales de segundo orden generalizando el problema de inversión de Jacobi. Los resultados de Fuchs llevarán a Poincaré a introducir el concepto de grupo Fuchsiano y a utilizar dicho concepto en la teoría de funciones automorfas.

Unos pocos días antes de la muerte de Fuchs había nacido en Salzburgo **Eberhard Frederick Ferdinand Hopf** (4 de abril de 1902). Gran parte de su formación científica la recibió en Alemania donde se doctoró en 1926 y se habilitó en 1929, por la Universidad de Berlín.

Sus contribuciones más importantes pertenecen al campo de la topología y la teoría ergódica.



Frederick Ferdinand Hopf.

En 1930 obtiene una beca de la Fundación Rockefeller para estudiar mecánica clásica con Birkhoff en Harvard. Es adscrito al Harvard College Observatory, donde trabaja sobre astronomía, topología y teoría ergódica.

En 1931 es nombrado profesor asistente del departamento de matemáticas en el MIT; en dicho departamento permaneció hasta 1936. Este periodo de actividad investigadora da como resultado artículos importantes: *Complete Transitivity and the Ergodic Principle* (1932), *Proof of Gibbs Hypothesis on Statistical Equilibrium* (1932) y *On Causality, Statistics and Probability* (1934); y el libro *Mathematical problems of radiative equilibrium* (1934).

En 1936, cuando finaliza su contrato en el MIT, recibe una oferta de la Universidad de Leipzig, que acepta. En dicho periodo realiza investigaciones sobre mecánica cuántica, variedades de curvatura negativa y sobre la influencia de la curvatura (en una variedad de Riemann compacta) en la topología, y publica el libro *Ergodentheorie* (1937), que empezó a escribir en su periodo del MIT. En este libro conciso, sólo 81 páginas, realiza una exposición elegante y precisa de la teoría ergódica.

En 1940 es invitado a dar una conferencia plenaria en el ICM (International Congress of Mathematicians)

que se celebraba en Cambridge, Massachusetts. En 1944 es nombrado profesor de la Universidad de Munich, donde permanece hasta su regreso a Estados Unidos en 1947. Es al volver a Estados Unidos cuando da a conocer la solución del problema de Hurewicz. En 1949 adquiere la nacionalidad norteamericana. Es nombrado profesor de la Universidad de Indiana, puesto en el que permanece hasta su jubilación en 1972. Muere en 1983.

Un resultado importante de este último periodo es su artículo *An inequality for positive linear integral operator* (1963); en él obtiene una extensión del teorema de Jentzsch sobre la existencia de una autofunción positiva para un operador integral positivo. En 1971 presenta en las Lecturas Gibbs de la AMS (American Mathematical Society) sus investigaciones sobre teoría ergódica y flujo geodésico, en variedades de curvatura negativa constante, resultados publicados en el Bulletin de la AMS.

José Antonio Bujalance García  
Dpto. de Matemáticas Fundamentales

## En Física

### HACE 800 AÑOS

- El matemático italiano **Leonardo de Pisa** (1170-1240), más conocido por Fibonacci o "hijo de Bonaccio", un conocido mercader de Pisa que tenía negocios en el norte de África, publica en 1202 un libro titulado *Liber abaci*, en el que incluye métodos y problemas algebraicos. La sucesión de Fibonacci comienza con el 0 y el 1; los siguientes términos se obtienen sumando los dos anteriores: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55... Esta sucesión aparece constantemente en la naturaleza, dos ejemplos concretos:

1. Al contar las escamas de una piña se observa que aparecen

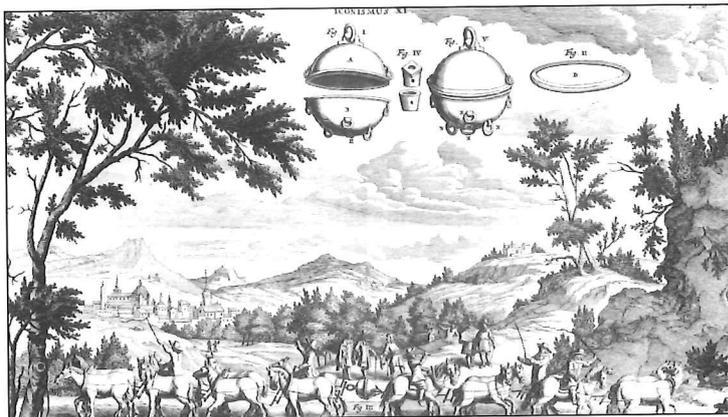


Ilustración del experimento de Magdeburgo, realizado por Otto van Guericke en 1654.

en espiral alrededor del vértice en número igual a los términos de la sucesión de Fibonacci.

2. Lo mismo ocurre con las piñas de girasol; forman una red de espirales, unas van en sentido de las agujas del reloj y otras en el contrario, pero siempre las cantidades de unas y de otras son los términos consecutivos de la sucesión de Fibonacci.

### HACE 400 AÑOS

- Nace **Otto von Guericke** (1602-1686). Físico e ingeniero alemán, nacido en Magdeburgo. Estudió derecho en la Universidad de Jena y matemáticas en la de Leiden. Durante la guerra de los Treinta Años sirvió como ingeniero en el ejército de Gustavo Adolfo de Suecia. De sus estudios sobre el vacío concluyó que éste admitía la propagación de la luz pero no la del sonido, y que determinados procesos como la combustión, y por tanto la respiración animal, no podían tener lugar en condiciones de ausencia de aire. En 1654 realizó su famoso experimento de los hemisferios de Magdeburgo, en el que dos semiesferas de cobre de 3,66 metros de diámetro quedaron unidas con tal fuerza por el efecto de un vacío parcial creado en su interior que ni con la fuerza de dieciséis caballos fue posible separarlas.

### HACE 200 AÑOS

- Nace **Sir Charles Wheatstone** (1802-1875). Físico británico que,

aplicando la ley de Ohm, ideó en 1843 el puente que lleva su nombre, para la medida precisa del valor de una resistencia eléctrica. Hasta esa fecha, la determinación de las tensiones y de las resistencias se realizaba de manera indirecta midiendo la corriente. Este método falsea muchas veces los valores verdaderos, pues la corriente pasa también por el propio instrumento de medida. En el caso del puente de Wheatstone la magnitud a determinar se mide en el momento en el que no fluye corriente a través del instrumento empleado para ello. Esto se consigue accionando un reóstato en una rama paralela a aquella en la que se lleva a cabo la medición. Wheatstone fue el primero que logró medir la velocidad de propagación de la corriente eléctrica en el seno de conductores metálicos, estudió los espectros de las chispas eléctricas e inventó en 1840 los reóstatos. Se trata de resistencias variables en las que se pueden modificar, sin solución de continuidad, el valor de la resistencia. Gracias al empleo de la ley de Ohm, verificada experimentalmente por él mismo, y el empleo de los reóstatos de su invención, construyó el puente que lleva su nombre. Se trata de un circuito eléctrico que permite la determinación directa de las resistencias eléctricas.

- Nace **Heinrich Gustav Magnus** (1802-1870). Químico y físico alemán. Profesor de física en Berlín. Determinó la velocidad de difusión del hidrógeno; estudió el

efecto producido por un cuerpo en rotación en las líneas de corriente de un fluido (efecto Magnus), así como las medidas de tensión de vapor del agua y la dilatación del aire a temperaturas elevadas; descubrió el cloruro platinoso amónico (sal verde de Magnus) y el ácido periódico. Autor de la *Ley de Magnus*: si un conductor homogéneo forma un circuito (cerrado), no puede ser sede de ninguna corriente aunque la temperatura no sea la misma en todos sus puntos. La fuerza electromotriz es nula.

- **Joseph-Louis Gay-Lussac** (1778-1850) fue invitado en 1801 a ocupar una ayudantía en el grupo que el químico Claude-Louis Bertholet tenía trabajando en su casa de Arcueil, en las cercanías de París. Este pueblo era el centro de un activo grupo de jóvenes científicos, liderado por Bertholet y Laplace, y bajo el patronazgo de Napoleón. El primer tema de investigación de Gay-Lussac fue el estudio de la expansión termal de los gases. En 1802 mostró que todos los gases se expanden una misma fracción de su volumen para un mismo incremento de temperatura. La existencia de este coeficiente común de expansión térmica hizo posible la definición de una nueva escala de temperaturas, cuyo trascendental significado termodinámico puso de manifiesto Lord Kelvin medio siglo más tarde.

### HACE 150 AÑOS

- **James Prescott Joule** fue el físico que estableció la equivalencia de las distintas formas de energía y que definió el equivalente mecánico del calor. En 1852, junto a William Thomson (más tarde, Lord Kelvin), descubrió que cuando un gas se expande sin realizar trabajo, la temperatura del gas disminuye. Este efecto se conoce como "Efecto Joule-Thomson". A temperaturas ordinarias, todos los gases (excepto hidrógeno y helio) se enfrían bajo

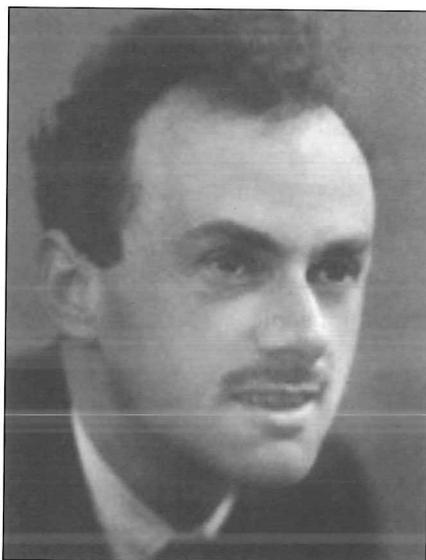
dicho efecto; hecho que se ha utilizado para licuar gases. El efecto Joule-Thomson tuvo su importancia en tanto en cuanto permitió el desarrollo de una industria frigorífica en el siglo XIX y, con ella, la mejora en la alimentación.

### HACE 125 AÑOS

- En 1877, escasamente dos años antes de su muerte, Maxwell publicó su libro *"Theory of Heat"*. Maxwell es conocido esencialmente por su teoría del electromagnetismo, pero también se interesó por la teoría cinética de gases, sobre la que publicó su mayor contribución en 1860, y a la que siguieron otras a lo largo de los años. Su teoría cinética forma parte todavía del contenido de los libros de texto sobre termodinámica y mecánica estadística. Su interés por el tema no decayó, como prueba la publicación de la que se celebra el 125 aniversario.
- En ese mismo año, **Thomas Edison** desarrolló su invento más original: el fonógrafo.

### HACE 100 AÑOS

- Nace **Paul Adrien Maurice Dirac** (1902-1984). Físico teórico inglés que ganó el Premio Nobel (1933) a la edad de treinta y un años por su trabajo en la teoría cuántica (predicción de la existencia del positrón). Introdujo este nuevo objeto matemático sin preocuparse demasiado de su significado preciso en su libro *Principios de Mecánica Cuántica*. Fue uno de los creadores de la Mecánica Cuántica y uno de los arquitectos de la Teoría Cuántica de Campos y de la Electrodinámica Cuántica. Dirac desarrolló en el año 1928 una teoría relativista cuántica de los electrones que permite, en especial, determinar el espín de los electrones de forma mecánico-cuántica. Los descubrimientos de Dirac fueron fundamentales para el establecimiento de la teoría de las partículas elementales.



Paul Dirac.

*"Creo que hay una moraleja en esta historia: es más importante la belleza de una ecuación que su ajuste al experimento. Si Schrödinger hubiera estado más seguro de su trabajo, podría haberlo publicado algunos meses antes y con una expresión más exacta [...]. Parece que si se obra para conseguir armonía en una ecuación, y realmente se tienen ciertas intuiciones, se está en el buen camino. Si no hay un completo acuerdo entre los resultados de un trabajo y la experimentación no debería uno desalentarse, pues la discrepancia puede deberse a detalles menos importantes que se analizaron incorrectamente y que se aclararán con el posterior desarrollo de la teoría."*

- Poco antes de 1902, **Lord Rutherford** había descubierto que un elemento, el torio, se desintegraba en un gas, el cual, a su vez, lo hacía en un desconocido "depósito activo", también radiactivo. Con la ayuda de un joven químico, **Frederick Soddy**, amplió sus estudios al radio y al actinio. Así fue cómo, en 1902, concluyeron que la radioactividad es un proceso por el cual átomos de un elemento se desintegran espontáneamente en átomos de un elemento enteramente distinto, también radiactivo. Esta interpretación tuvo la oposición de muchos químicos de la época, quienes creían en la

indestructibilidad de la materia.

- Habiendo probado la telegrafía sin hilo ser efectiva sobre largas distancias, un americano, **A. Kennely**, y un inglés, **O. Heaviside**, predijeron teóricamente en 1902 la existencia de una capa conductora en la atmósfera que permitiría a las ondas electromagnéticas viajar siguiendo la curvatura de la Tierra, en lugar de perderse en el Espacio. Por ello, la ionosfera recibió durante muchos años el nombre de capa de Kennely-Heaviside.
- **Hendrik Antoon Lorentz** (Holanda) y **Pieter Zeeman** (Holanda) reciben el Premio Nobel de Física como reconocimiento a sus extraordinarios méritos adquiridos por sus investigaciones acerca de la influencia del magnetismo en los fenómenos ligados a la radiación.

### HACE 75 AÑOS

- **Arthur Holly Compton** (Estados Unidos) y **Charles Thomson Rees Wilson** (Gran Bretaña) reciben el Premio Nobel de Física: Compton por su trabajo sobre la radiación, concretamente sobre los rayos X y su interacción con la materia, que le llevaron al descubrimiento del llamado efecto Compton, de gran interés en la comprensión de los fenómenos de la Mecánica Cuántica, y Wilson por el descubrimiento de un método que permite visualizar las trayectorias seguidas por las partículas cargadas eléctricamente, basado en la condensación de un vapor.
- **Werner Heisenberg** formula el principio de incertidumbre de la Mecánica Cuántica:

*"Cuanto mayor es la precisión con la que se determina la posición, menor es la precisión con la que se conoce el momento en este instante, y viceversa"*

De esta forma tan sucinta, Heisenberg ponía de manifiesto la trascendental "relación de incertidumbre" entre la posición y el momento (masa por velocidad) de

una partícula subatómica, un electrón por ejemplo. El movimiento de un electrón en el espacio viene descrito mediante ecuaciones que incluyen variables correspondientes a magnitudes físicas de la partícula, tales como su posición, su momento, su energía y el tiempo. Las relaciones de incertidumbre de Heisenberg se aplican a la precisión con la que estas magnitudes pueden ser medidas. Hasta la aparición de la Mecánica Cuántica, la exactitud de cualquier medida estaba limitada únicamente por la precisión de los instrumentos utilizados. Heisenberg demostró que no importa cuán precisos sean los instrumentos de medida usados, la Mecánica Cuántica limita la precisión cuando dos propiedades son medidas al mismo tiempo. Estas magnitudes son representadas mediante variables que tienen relaciones especiales en las ecuaciones, técnicamente denominadas “variables canónicas conjugadas”. En el caso del electrón en movimiento, las variables canónicas conjugadas aparecen en dos pares: momento-posición y energía-tiempo. Las relaciones de incertidumbre se expresan por tanto de la siguiente forma: la medida simultánea de dos variables conjugadas (tales como momento y posición, o energía y tiempo para una partícula en movimiento) conlleva una limitación en la precisión (desviación estándar) de cada medida. Cuanto mayor es la precisión en la medida de una de ellas, menor lo es en la medida de la otra. Matemáticamente, las relaciones de incertidumbre tienen la siguiente forma:

$$\Delta p \Delta q \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi},$$

donde son las incertidumbres o imprecisiones en las medidas del momento, posición, energía y tiempo, respectivamente, y  $h$  es la constante de Planck.

Esta relación tiene profundas implicaciones sobre nociones tan fundamentales como la causalidad y la determinación del comportamiento futuro de una partícula cuántica.

- **Volterra** publica su libro “Théorie mathématique de la lutte pour la vie”, considerado como pilar de la futura ecología matemática. En él se formula el primer modelo matemático mediante ecuaciones diferenciales que describe la evolución de un sistema ecológico.
- **P.A.M. Dirac** y **P. Jordan** elaboran la formulación axiomática de la Mecánica Cuántica.

### HACE 50 AÑOS

- **Felix Bloch** (Estados Unidos) y **Edward Mills Purcell** (Estados Unidos) reciben el Premio Nobel de Física por el desarrollo de métodos simplificados para la medición de campos magnéticos en los núcleos atómicos.

### HACE 25 AÑOS

- **Philipp Warren Anderson** (Estados Unidos), **Sir Nevill Francis Mott** (Gran Bretaña) y **John Hasbrouck Van Vleck** (Estados Unidos) reciben el Premio Nobel de Física por sus trabajos fundamentales, de carácter teórico, referidos a la estructura de los electrones en sistemas magnéticos y desordenados.
- Primer ordenador doméstico de Commodore.

Pedro Córdoba Torres  
Dpto. de Física Matemática  
y de Fluidos

## En Química

### HACE 150 AÑOS

- **Medicinas químicas y panaceas.** En 1852 los vendedores de remedios de curandero los anunciaban

como “puramente vegetales”, abusando de la ignorancia de la gente. Así garantizaban el éxito de su oferta ya que anteriormente usaban exclusivamente medicinas vegetales, con la excepción del *alumbre* y del *azufre*. Cuando la ciencia desarrolló las excelencias de las *medicinas químicas*, los antiguos prejuicios se organizaron contra las maldades de las “nuevas drogas”. Las rechazaban al creer que las *medicinas químicas* son más peligrosas, aunque curiosamente en realidad los venenos más virulentos se extraen de hierbas (la morfina, la nicotina, la estriquina...).

### HACE 100 AÑOS

- La Química Metalúrgica experimenta un auge importante en España cuando en 1902 se funda la empresa *Altos Hornos de Vizcaya*, una gran siderúrgica, resultado de la fusión de “Altos Hornos”, “Fábricas de Hierro y Acero” y “La Vizcaya”.
- **Se logra la síntesis del ácido barbitúrico.** El 12 de julio de 1902 se registra en Alemania una patente (DRP 146496) que describe el proceso de fabricación de una serie de compuestos de los ácidos C, C-dialquilbarbitúricos, conocidos como *barbitúricos*.
- El 10 de diciembre de 1902 se conceden por segunda vez los premios Nobel obteniendo el de Química el alemán **Emil Hermann Fischer** (1852-1919). Autor de investigaciones sobre los hidratos de carbono y los fermentos; combinó estos estudios con la estereoquímica, y estudió conjuntamente los fermentos y los azúcares: demostró la acción específica de los primeros y estableció un enlace entre la química y la biología. En 1887 reprodujo por síntesis, y a partir de sus elementos, la fructosa, la glucosa, la manita y otros nuevos azúcares. Logró también obtener compuestos análogos a las peptonas, com-