ÍNDICE

1

1.− INTRODUCCIÓN

1.1.− SITUACIÓN DEL SIGLO XVII

El cálculo infinitesimal fue creado para resolver los principales problemas científicos del siglo XVII, como, por ejemplo, obtener longitudes de curvas, áreas y volúmenes de cuerpos geométricos, tangentes a una curva y máximos y mínimos de funciones.

Muchos de los grandes matemáticos del siglo XVII trabajaron estos problemas obteniendo importantes resultados. Podemos citar, por ejemplo a Cavalieri, Torriceli, Fermat, Wallis y Barrow.

Sin embargo, faltaba una teoría global donde se incluyeran estos problemas, y otros muchos, aparentemente independientes. Los artífices de esta descomunal teoría fueron, al unísono, Isaac Newton y Gottried Wilhelm Leibnitz. Newton publicó en 1687 una magna obra titulada *Los principios matemáticos de la filosofía natural*, que constituye uno de los hitos más grandes de la historia de la ciencia.

Destacamos también su obra *Método de fluxiones*, que contenía su Cálculo Infinitesimal, escrita dieciséis años antes de publicarse la anterior.

En 1678, Leibnitz publica sus descubrimientos sobre el cálculo en una revista que él mismo había fundado, *Acta Eruditorum*. Pero es el *Acta* de 1684 la que contiene lo que actualmente se considera el primer tratado de cálculo diferencial. Inmediatamente se entabló una agria disputa entre los seguidores de Newton y los de

Leibnitz respecto a quién había sido el primer descubridor del cálculo.

Actualmente, está claro que la primicia de la publicación le corresponde a Leibnitz; y, a Newton, la autoría del descubrimiento. El cálculo de Newton es mucho más profundo que el de Leibnitz; mientras que loas notaciones utilizadas por Leibnitz, son más claras que las de Newton.

1.2.−SITUACIÓN EN EL SIGLO XVIII

Durante el resto del siglo XVII y buena parte del XVIII, los discípulos de Newton y Leibniz se basaron en sus trabajos para resolver diversos problemas de física, astronomía e ingeniería, lo que les permitió, al mismo tiempo, crear campos nuevos dentro de las matemáticas. Así, los hermanos Jean y Jacques Bernoulli inventaron el cálculo de variaciones y el matemático francés Gaspard Monge la geometría descriptiva. Joseph Louis Lagrange, también francés, dio un tratamiento completamente analítico de la mecánica en su gran obra *Mecánica analítica* (1788), en donde se pueden encontrar las famosas ecuaciones de Lagrange para sistemas dinámicos. Además, Lagrange hizo contribuciones al estudio de las ecuaciones diferenciales y la teoría de números, y desarrolló la teoría de grupos. Su contemporáneo Laplace escribió *Teoría analítica de las probabilidades* (1812) y el clásico *Mecánica celeste* (1799−1825), que le valió el sobrenombre de `el Newton francés'.

El gran matemático del siglo XVIII fue el suizo Leonhard Euler, quien aportó ideas fundamentales sobre el cálculo y otras ramas de las matemáticas y sus aplicaciones. Euler escribió textos sobre cálculo, mecánica y álgebra que se convirtieron en modelos a seguir para otros autores interesados en estas disciplinas. Sin embargo, el éxito de Euler y de otros matemáticos para resolver problemas tanto matemáticos como físicos utilizando el cálculo sólo sirvió para acentuar la falta de un desarrollo adecuado y justificado de las ideas básicas del cálculo. La teoría de Newton estaba basada en la cinemática y las velocidades, la de Leibniz en los infinitésimos, y el tratamiento de Lagrange era completamente algebraico y basado en el concepto de las series infinitas. Todos estos sistemas eran inadecuados en comparación con el modelo lógico de la geometría griega, y este problema no fue resuelto hasta el siglo posterior.

1.3.− LAS MATEMÁTICAS EN EL SIGLO XIX

En 1821, un matemático francés, Augustin Louis Cauchy, consiguió un enfoque lógico y apropiado del cálculo. Cauchy basó su visión del cálculo sólo en cantidades finitas y el concepto de límite. Sin embargo, esta solución planteó un nuevo problema, el de la definición lógica de número real. Aunque la definición de cálculo de Cauchy estaba basada en este concepto, no fue él sino el matemático alemán Julius W. R. Dedekind quien encontró una definición adecuada para los números reales, a partir de los números racionales, que todavía se enseña en la actualidad; los matemáticos alemanes Georg Cantor y Karl T. W. Weierstrass también dieron otras definiciones casi al mismo tiempo. Un problema más importante que surgió al intentar describir el movimiento de vibración de un muelle estudiado por primera vez en el siglo XVIII fue el de definir el significado de la palabra función. Euler, Lagrange y el matemático francés Joseph Fourier aportaron soluciones, pero fue el matemático alemán Peter G. L. Dirichlet quien propuso su definición en los términos actuales.

Además de fortalecer los fundamentos del análisis, nombre dado a partir de entonces a las técnicas del cálculo, los matemáticos del siglo XIX llevaron a cabo importantes avances en esta materia. A principios del siglo, Carl Friedrich Gauss dio una explicación adecuada del concepto de número complejo; estos números formaron un nuevo y completo campo del análisis, desarrollado en los trabajos de Cauchy, Weierstrass y el matemático alemán Bernhard Riemann. Otro importante avance del análisis fue el estudio, por parte de Fourier, de las sumas infinitas de expresiones con funciones trigonométricas. Éstas se conocen hoy como series de Fourier, y son herramientas muy útiles tanto en las matemáticas puras como en las aplicadas. Además, la investigación de funciones que pudieran ser iguales a series de Fourier llevó a Cantor al estudio de los conjuntos infinitos y a una aritmética de números infinitos. La teoría de Cantor, que fue considerada como demasiado abstracta y criticada como enfermedad de la que las matemáticas se curarán pronto, forma hoy parte de los fundamentos de las matemáticas y recientemente ha encontrado una nueva aplicación en el estudio de corrientes turbulentas en fluidos.

Otro descubrimiento del siglo XIX que se consideró abstracto e inútil en su tiempo fue la geometría no euclídea. En esta geometría se pueden trazar al menos dos rectas paralelas a una recta dada que pasen por un punto que no pertenece a ésta. Aunque descubierta primero por Gauss, éste tuvo miedo de la controversia que su publicación pudiera causar. Los mismos resultados fueron descubiertos y publicados por separado por el matemático ruso Nikolái Ivánovich Lobachevski y por el húngaro János Bolyai. Las geometrías no euclídeas fueron estudiadas en su forma más general por Riemann, con su descubrimiento de las múltiples paralelas. En el siglo XX, a partir de los trabajos de Einstein, se le han encontrado también aplicaciones en física.

Gauss es uno de los más importantes matemáticos de la historia. Los diarios de su juventud muestran que ya en sus primeros años había realizado grandes descubrimientos en teoría de números, un área en la que su libro *Disquisitiones arithmeticae* (1801) marca el comienzo de la era moderna. En su tesis doctoral presentó la primera demostración apropiada del teorema fundamental del álgebra. A menudo combinó investigaciones científicas y matemáticas. Por ejemplo, desarrolló métodos estadísticos al mismo tiempo que investigaba la órbita de un planetoide recién descubierto, realizaba trabajos en teoría de potencias junto a estudios del magnetismo, o estudiaba la geometría de superficies curvas a la vez que desarrollaba sus investigaciones topográficas.

De mayor importancia para el álgebra que la demostración del teorema fundamental por Gauss fue la transformación que ésta sufrió durante el siglo XIX para pasar del mero estudio de los polinomios al estudio de la estructura de sistemas algebraicos. Un paso importante en esa dirección fue la invención del álgebra simbólica por el inglés George Peacock. Otro avance destacado fue el descubrimiento de sistemas algebraicos que tienen muchas propiedades de los números reales. Entre estos sistemas se encuentran las cuaternas del matemático irlandés William Rowan Hamilton, el análisis vectorial del matemático y físico estadounidense Josiah Willard Gibbs y los espacios ordenados de *n* dimensiones del matemático alemán Hermann Günther Grassmann. Otro paso importante fue el desarrollo de la teoría de grupos, a partir de los trabajos de Lagrange. Galois utilizó estos trabajos muy a menudo para generar una teoría sobre qué polinomios pueden ser resueltos con una fórmula algebraica.

Del mismo modo que Descartes había utilizado en su momento el álgebra para estudiar la geometría, el matemático alemán Felix Klein y el noruego Marius Sophus Lie lo hicieron con el álgebra del siglo XIX. Klein la utilizó para clasificar las geometrías según sus grupos de transformaciones (el llamado Programa Erlanger), y Lie la aplicó a una teoría geométrica de ecuaciones diferenciales mediante grupos continuos de transformaciones conocidas como grupos de Lie. En el siglo XX, el álgebra se ha aplicado a una forma general de la geometría conocida como topología.

También los fundamentos de las matemáticas fueron completamente transformados durante el siglo XIX, sobre todo por el matemático inglés George Boole en su libro *Investigación sobre las leyes del pensamiento* (1854) y por Cantor en su teoría de conjuntos. Sin embargo, hacia finales del siglo, se descubrieron una serie de paradojas en la teoría de Cantor. El matemático inglés Bertrand Russell encontró una de estas paradojas, que afectaba al propio concepto de conjunto. Los matemáticos resolvieron este problema construyendo teorías de conjuntos lo bastante restrictivas como para eliminar todas las paradojas conocidas, aunque sin determinar si podrían aparecer otras paradojas es decir, sin demostrar si estas teorías son consistentes. Hasta nuestros días, sólo se han encontrado demostraciones relativas de consistencia (si la teoría *B* es consistente entonces la teoría *A* también lo es). Especialmente preocupante es la conclusión, demostrada en 1931 por el lógico estadounidense Kurt Gödel, según la cual en cualquier sistema de axiomas lo suficientemente complicado como para ser útil a las matemáticas es posible encontrar proposiciones cuya certeza no se puede demostrar dentro del sistema.

1.4.− <u>LAS MATEMÁTICAS ACTUALES</u>

En la Conferencia Internacional de Matemáticos que tuvo lugar en París en 1900, el matemático alemán David Hilbert expuso sus teorías. Hilbert era catedrático en Gotinga, el hogar académico de Gauss y Riemann, y había contribuido de forma sustancial en casi todas las ramas de las matemáticas, desde su clásico *Fundamentos de la geometría* (1899) a su *Fundamentos de la matemática* en colaboración con otros autores. La conferencia de Hilbert en París consistió en un repaso a 23 problemas matemáticos que él creía podrían ser las metas de la investigación matemática del siglo que empezaba. Estos problemas, de hecho, han estimulado gran parte de los trabajos matemáticos del siglo XX, y cada vez que aparecen noticias de que otro de los problemas de Hilbert ha sido resuelto, la comunidad matemática internacional espera los detalles con impaciencia.

A pesar de la importancia que han tenido estos problemas, un hecho que Hilbert no pudo imaginar fue la invención del ordenador o computadora digital programable, primordial en las matemáticas del futuro. Aunque los orígenes de las computadoras fueron las calculadoras de relojería de Pascal y Leibniz en el siglo XVII, fue Charles Babbage quien, en la Inglaterra del siglo XIX, diseñó una máquina capaz de realizar operaciones matemáticas automáticamente siguiendo una lista de instrucciones (programa) escritas en tarjetas o cintas. La imaginación de Babbage sobrepasó la tecnología de su tiempo, y no fue hasta la invención del relé, la válvula de vacío y después la del transistor cuando la computación programable a gran escala se hizo realidad. Este avance ha dado un gran impulso a ciertas ramas de las matemáticas, como el análisis numérico y las matemáticas finitas, y ha generado nuevas áreas de investigación matemática como el estudio de los algoritmos. Se ha convertido en una poderosa herramienta en campos tan diversos como la teoría de números, las ecuaciones diferenciales y el álgebra abstracta. Además, el ordenador ha permitido encontrar la solución a varios problemas matemáticos que no se habían podido resolver anteriormente, como el problema topológico de los cuatro colores propuesto a mediados del siglo XIX. El teorema dice que cuatro colores son suficientes para dibujar cualquier mapa, con la condición de que dos países limítrofes deben tener distintos colores. Este teorema fue demostrado en 1976 utilizando una computadora de gran capacidad de cálculo en la Universidad de Illinois (Estados Unidos).

El conocimiento matemático del mundo moderno está avanzando más rápido que nunca. Teorías que eran completamente distintas se han reunido para formar teorías más completas y abstractas. Aunque la mayoría de los problemas más importantes han sido resueltos, otros como las hipótesis de Riemann siguen sin solución. Al mismo tiempo siguen apareciendo nuevos y estimulantes problemas. Parece que incluso las matemáticas más abstractas están encontrando aplicación.

2.− SIGLO XVIII

2.1.− <u>JOHN WALLIS</u>

John Wallis nació en **1616** en Ashford y murió en **1703** en Oxford. Este inglés fue uno de los matemáticos más influyentes hasta la llegada de Newton.

Wallis cursó sus estudios elementales en la escuela de Ashford, en la que, ya a muy temprana edad, destacó como un alumno especialmente aventajado. A los 14 años había alcanzado el grado de proficiente en latín, griego y hebreo. De aquí pasó directamente a la Emmanual College Cambridge, en donde empezó a interesarse por las matemáticas y también estudió filosofia. Wallis formó parte de un grupo de intelectuales que se reunían periódicamente en Londres para tratar temas sobre ciencias experimentales que, con el tiempo, acabaría por convertirse en la famosa Royal Society, de la que Wallis consta como miembro fundador.

Su mérito más trascendental reside en haber establecido claramente la **noción de límite** en la forma rigurosa hoy vigente. Gran parte de la obra de Wallis en cálculo precedió a Newton y Leibniz, sobre quienes ejerció una notable influencia.

Entre sus obras más importantes destacan la ***Arithmetica infinitorum*** (1656), y el ***Tratado de secciones Cónicas*** (1656).

La primera lo llevó a la fama. A lo largo de sus páginas abordaba cuestiones tales como las series, la teoría de los números, las cónicas, los infinitos... En la resolución de este tipo de integrales descubrió métodos de cálculo que más tarde serían utilizados por Newton en su teorema del binomio. A Wallis se atribuye la introducción del símbolo ", utilizado habitualmente para denotar el infinito.

En cuanto a las secciones cónicas, Wallis las plantea con independencia de la figura tridimensional que las genera y, haciendo una importante aritmetización de la geometría, las considera de forma «absoluta», por medio de ecuaciones que se aproximan mucho a la idea actual que tenemos de estas curvas como lugares geométricos del plano sujetos a ciertas condiciones.

A mediados del siglo XVII el matemático inglés, John Wallis dio interpretaciones claves a estos nuevos números: carácter vectorial a los números con signo y diferenciación entre números reales como números sobre una recta y números complejos como números en un plano.

Citas:

- "*Puesto que la naturaleza no admite más de tres dimensiones [...], parecería muy impropio hablar de sólidos [...] de cuatro, cinco, seis o más dimensiones.*" Álgebra, 1685.
- "*Los números complejos no son más absurdos que los números negativos, y si éstos se pueden representar en una línea recta entonces es posible representar los números complejos en un plano*"

2.2.− <u>ISAAC NEWTON</u>

Isaac Newton fue un matemático y físico británico, considerado uno de los más grandes científicos de la historia, que hizo importantes aportaciones en muchos campos de la ciencia. Sus descubrimientos y teorías sirvieron de base a la mayor parte de los avances científicos desarrollados desde su época. Newton fue, junto al matemático alemán Gottfried Wilhelm Leibniz, uno de los inventores de la rama de las matemáticas denominada cálculo. También resolvió cuestiones relativas a la luz y la óptica, formuló las leyes del movimiento y dedujo a partir de ellas la ley de la gravitación universal.

Nació el 25 de diciembre de 1642 (según el calendario juliano vigente entonces; el 4 de enero de 1643, según el calendario vigente en la actualidad), en Woolsthorpe, Lincolnshire (Inglaterra). Falleció en 1727. Cuando tenía tres años, su madre viuda se volvió a casar y lo dejó al cuidado de su abuela. Al enviudar por segunda vez, decidió enviarlo a una escuela primaria en Grantham. En el verano de 1661 ingresó en el Trinity College de la Universidad de Cambridge y en 1665 recibió su título de bachiller.

Recibió el título de profesor en 1668. Durante esa época se dedicó al estudio e investigación de los últimos avances en matemáticas y a la filosofía natural, que consideraba la naturaleza como un organismo de mecánica compleja. Casi inmediatamente realizó descubrimientos fundamentales que le fueron de gran utilidad en su carrera científica.

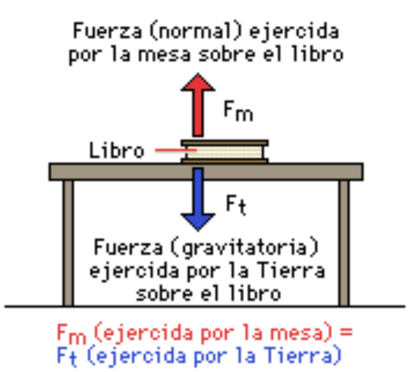
El método de las fluxiones.

Newton obtuvo en el campo de las matemáticas sus mayores logros. Generalizó los métodos que se habían utilizado para trazar líneas tangentes a curvas y para calcular el área bajo una curva, y descubrió que los dos procedimientos eran operaciones inversas. Uniéndolos en lo que él llamó el **método de las fluxiones**, Newton desarrolló en el otoño de 1666 lo que se conoce hoy como cálculo, un método nuevo y poderoso que situó a las matemáticas modernas por encima del nivel de la geometría griega.

Aunque Newton fue su inventor, no introdujo el cálculo en las matemáticas europeas. En 1675 Leibniz llegó de forma independiente al mismo método, al que llamó cálculo diferencial; su publicación hizo que Leibniz recibiera en exclusividad los elogios por el desarrollo de ese método, hasta 1704, año en que Newton publicó una exposición detallada del método de fluxiones, superando sus reticencias a divulgar sus investigaciones y descubrimientos por temor a ser criticado. Sin embargo, sus conocimientos trascendieron de manera que en 1669 obtuvo la cátedra Lucasiana de matemáticas en la Universidad de Cambridge.

Los principios.

En agosto de 1684 la soledad de Newton se vio interrumpida por la visita de Edmund Halley, un astrónomo y matemático con el que discutió el problema del movimiento orbital. Newton había estudiado la ciencia de la mecánica como estudiante universitario y en esa época ya tenía ciertas nociones básicas sobre la gravitación universal. Como resultado de la visita de Halley, volvió a interesarse por estos temas.



Durante los dos años y medio siguientes, Newton estableció la ciencia moderna de la dinámica formulando las tres leyes del movimiento. Aplicó estas leyes a las leyes de Kepler sobre movimiento orbital formuladas por el astrónomo alemán Johannes Kepler y dedujo la **ley de la gravitación universal**. Probablemente, Newton es conocido sobre todo por su descubrimiento de la gravitación universal, que muestra cómo a todos los cuerpos en el espacio y en la Tierra les afecta la fuerza llamada gravedad. Publicó su teoría en ***Principios matemáticos de la filosofía natural*** (1687), obra que marcó un punto de inflexión en la historia de la ciencia, y con la que perdió el temor a publicar sus teorías.

Además de su interés por la ciencia, Newton también se sintió atraído por el estudio de la alquimia, el misticismo y la teología. Muchas páginas de sus notas y escritos especialmente en los últimos años de su carrera están dedicadas a estos temas. Sin embargo, los historiadores han encontrado poca relación entre estas inquietudes y sus trabajos científicos.

2.3.− GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

Nació el 1 de julio de 1646 en Leipzig, Sajonia (hoy Alemania) y murió el 14 de noviembre de 1716 en Hannover (hoy Alemania).

Empezó sus estudios a la edad de 7 años, destacaba en Latín y Griego. En esta época comenzó a interesarse por la filosofía, estudió los libros de su padre y leyó libros de metafísica y teología de autores católicos y protestantes.

En 1661, con 14 años, entró en la Universidad de Leipzig. Estudió filosofía y matemáticas. Finalizó sus estudios en 1663, con la tesis *De principio Individui*.

Durante un año estudió en Jena matemáticas, historia y jurisprudencia. En 1666 publicó su *De arte combinatoria*, intento de construcción de una característica universal. En este año conoció a Erhard Weigel, un matemático y filosofo, que le hizo ver la importancia del método matemático. Leibniz se doctoró en leyes en la Universidad de Altdorf en Febrero de 1667.

Siendo Consejero del Tribunal supremo del elector de Maguncia, publicó *Confessio naturae contra atheistas* (1668). En 1672 fue enviado por el elector de Maguncia a París, donde conoció a Arnauld y a Huygens, quien le inició en la matemática moderna. Poseedor de una cultura enciclopédica, se interesó por la matemática, la física y la ingeniería. Llevó a cabo interesantes trabajos relativos al desarrollo del cálculo infinitesimal, e inventó una calculadora mecánica en 1676.

Los últimos años de su vida, estuvo ocupado por la disputa con Newton sobre quien había descubierto primero el **Cálculo infinitesimal**.

Leibniz fue considerado un genio universal por sus contemporáneos. Su obra aborda no sólo problemas matemáticos y filosofía, sino también teología, derecho, diplomacia, política, historia, filología y física.

La contribución de Leibniz a las matemáticas consistió en enumerar en 1675 los principios fundamentales del cálculo infinitesimal. Esta explicación se produjo con independencia de los descubrimientos del científico inglés Isaac Newton, cuyo sistema de cálculo fue inventado en 1666. El sistema de Leibniz fue publicado en 1684, el de Newton en 1687, y el método de notación ideado por Leibniz fue adoptado universalmente (*véase* Signos matemáticos). En 1672 también inventó una máquina de calcular capaz de multiplicar, dividir y extraer raíces cuadradas. Es considerado un pionero en el desarrollo de la lógica matemática.

2.4.− FAMILIA BERNOULLI

Es una familia de matemáticos procedentes de Amberes que a fines del siglo XVI fijaron su residencia en Suiza. Contribuyeron eficazmente a la difusión del cálculo diferencial y su influencia perduró hasta concluido el siglo XVIII.

Pertenecientes a esta familia figuran más de una decena de matemáticos a lo largo de tres generaciones y durante los siglos XVII y XVIII. Entre todos ellos obtuvieron grandes méritos y nos dejaron importantes enunciados matemáticos como la *"serie de Bernoulli"*, los *"números y polinomios de Bernoulli"* que tienen ciertas aplicaciones en teoría de números. Hay también dos *"teoremas de Bernoulli"*, uno en el cálculo integral y otro en la hidráulica. Asimismo reciben el nombre de *"procesos Bernoulli"* ciertos fenómenos probabilísticos. Además de generar este gran número de matemáticos también hay dos pintores, un médico, un naturalista y un arqueólogo con el mismo apellido Bernoulli.

Entre los matemáticos, tres fueron excepcionales: **Jacobo** (**1654−1705**); su hermano **Juan** (**1667−1748**) y **Daniel** (1700−1782), hijo de este último.

− Jacobo: Su obra matemática se repartió entre los nuevos métodos infinitesimales y el cálculo de probabilidades. Dentro del primer campo se ocupó de series y de las propiedades de numerosas curvas. Entre los casos particulares que examina especialmente, figura la espiral logarítmica, descubriendo que se reproduce en otras curvas derivadas de ella, lo que le lleva a imitar el gesto de Arquímedes, pidiendo que en su tumba se grabase dicha curva con la leyenda *Eadem mutata resurgo.*

Se le debe la primera resolución, con demostración, del problema propuesto por Leibniz de la curva isócrona, tal que un punto material obligado a deslizarse sobre ella cae con movimiento uniforme respecto de la vertical; el de la curva de tiempo mínimo o braquistócrona, descrita por un punto material para trasladarse de un punto a otro más bajo en tiempo mínimo bajo el influjo de la gravedad; el de las trayectorias ortogonales, es decir, familia de curvas que cortan a las curvas de otra familia bajo ángulo recto; y el problema de los isoperímetros o curvas de igual longitud que cumplen ciertas propiedades de máximo o mínimo.

Muchos de estos problemas dieron origen más tarde a una nueva disciplina matemática, denominada hoy cálculo de variaciones. En su obra *Ars conjectandi,* aparecida en 1713, el cálculo de probabilidades adquiere autonomía científica. Se compone esta obra de cuatro partes en las que da a conocer los números que designamos hoy por su nombre y la *«ley de los grandes números»*. En 1717 se publicó *El arte de pronosticar*, obra póstuma en la que introdujo los conceptos de posibilidad, probabilidad y certeza.

− Juan: hermano y discípulo de Jaques, estudió, además de matemáticas, medicina y filología, y realizó también interesantes trabajos de astronomía y física. Desarrolló el cálculo diferencial y se le considera el fundador del cálculo exponencial.

− Daniel: estudió matemáticas, física, medicina y fisiología. Fue profesor de matemáticas en la Academia Rusa de San Petersburgo en 1725. Posteriormente dio clases de filosofía experimental, anatomía y botánica en las universidades de Groningen y Basilea, en Suiza. Sentó las bases de la

mecánica sobre el principio de conservación de la energía.

Realizó trabajos sobre la mecánica de los fluidos y es de especial importancia su ***Tratado de hidrodinámica*** (1738). Desarrolló una extensa obra matemática.

2.5.− ***L'HÔPITAL***

L'Hôpital nació en 1661 en París (Francia) donde también falleció el 2 de febrero de 1704. Era un competente matemático, su fama está basada en su libro ***Analyse des infiniment petits pour l'intelligence des lignes courbes*** (1692).

L'Hôpital aprendió cálculo de su maestro Johann Bernoulli en 1691. L' Hôpital escribió el primer libro de cálculo en el año 1696, el cuál estuvo influenciado por las lecturas que realizaba de sus profesores, Johann Bernoulli, Jacob Bernoulli y Leibniz. En este libro creó la regla que ahora se conoce como **Regla de L'Hôpital**, para encontrar el límite de una función racional cuyo numerador y denominador tienden a cero.

Las reglas de L'Hôpital vienen a aplicarse en la resolución de límites en los casos de indeterminaciones habituales (0 / 0 ó " / ", por ejemplo), siempre que sepamos calcular el límite de los cocientes de las derivadas (cuando la función podemos expresarla como cociente de funciones).

2.6.− ***ABRAHAM DE MOIVRE***

Nació en Vitry−le−François (Champagne − Francia) en **1667**. Moivre fue encarcelado durante un año en París, y tras concluir su encierro emigró a Londres con su familia y en este ciudad fue donde falleció en **1754**.

Su amistad con Newton y Halley supuso un fuerte apoyo en su candidatura para ingresar en la Royal Society (1697). Nunca llegó a ocupar un puesto en una universidad, muriendo ciego, sin ilusiones y sin que sus trabajos llegaran a ser reconocidos por la comunidad científica.

Se le considera, junto al astrónomo y matemático Pierre Simon de Laplace, uno de los dos grandes pensadores de la teoría de la probabilidad en el siglo XVIII. Precisó los principios de cálculo de probabilidades y desarrolló numerosos problemas prácticos.

Su obra ***La doctrina de las suertes*** (1718) es una auténtica obra maestra. En ella expone la probabilidad binominal o distribución gaussiana, el concepto de independencia estadística y el uso de técnicas analíticas en el estudio de la probabilidad. Al derivar una expansión para n!, De Moivre sumó los términos de la forma binominal. Su teorema más importante aparece en ***Miscellanea Analytica*** (1730), obra en la que investiga las series infinitas y los números complejos.

Enunció la ley de probabilidades compuesta e inició el empleo de las ecuaciones de diferencias finitas, que posteriormente debía generalizarse.

Estableció muchos de los elementos de los cálculos actuales y, por encima de sus muchos logros, descubrió la relación trigonométrica (1730):

(cos   + sen) n = cos n + i sen n

2.7.− __BROOK TAYLOR__

Taylor nació el 18 de agosto de 1685 en Edmonton (Inglaterra) y murió el 29 de diciembre de 1731 en Londres (Inglaterra).

Taylor fue educado con tutores privados hasta que entró, en 1703, en St. John's College de Cambridge, en donde se convirtió en un admirador de la obra de Newton..

Se graduó en 1709, pero ya en 1708 había escrito su primera obra importante, aunque no se publicó hasta 1714 en una revista de la Royal Society: dio solución al problema del centro de oscilación, la cual desde que fuera difundida hasta 1724, resultaba ser la disputa prioritaria con Johann Bernoulli.

Taylor participó, en este año, en el comité que se constituyó para zanjar la disputa sobre quién había sido el fundador del Cálculo, Newton o Leibniz.

En 1715 publicó ***Methodus incrementorum directa et inversa***, su obra más importante, y ***Perspectiva Lineal***, dos libros importantes en la historia de las matemáticas. En el primero agregaba a las matemáticas una nueva rama llamada ahora El cálculo de las diferencias finitas, e inventó la integración por partes y descubrió la célebre fórmula conocida como la **Serie de Taylor**, la importancia de esta fórmula no fue reconocida hasta 1772, cuando Lagrange proclamó los principios básicos del Cálculo Diferencial. En dicha obra aborda la determinación de las soluciones singulares de las ecuaciones diferenciales, el problema del cambio de variable, la determinación de los centros de oscilación, de percusión y de curvatura, y el problema de la cuerda vibrante.

Taylor da cuenta de un experimento para descubrir las leyes de la atracción magnética (1715) y un método no probado para aproximar las raíces de una ecuación dando un método nuevo para logaritmos computacionales (1717).

2.8.− __GABRIEL CRAMER__

Gabriel Cramer nació el 31 de julio de **1704** en Ginebra (Suiza) y falleció el 4 de enero de **1752** en Bagnols−sur−Cède (Francia). Fue un conocido matemático que centró su trabajo en el análisis y los determinantes. Llegó a ser profesor de matemáticas de la Universidad de Ginebra durante el período 1724−27. En 1750 ocupó la cátedra de filosofía en la citada universidad. En 1731 presentó en la Academia de las Ciencias de París, una memoria sobre las causas de la inclinación de las órbitas de los planetas. Editó las obras de Jean Bernouilli (1742) y Jacques Bernouilli (1744) y el *Comercium epistolarum* de Leibniz. Su obra fundamental es la ***Introduction à l'analyse des courbes algébriques*** (1750), en la que se desarrolla la teoría de las curvas algébricas según los principios newtonianos.

Escribió un trabajo donde relataba la física, también en geometría y la historia de las matemáticas. Cramer es más conocido por su trabajo en determinantes (1750) pero también hizo contribuciones en el estudio de las curvas algebraicas (1750).

2.9.− __LEONHARD EULER__

Matemático suizo nacido en 1707 en Basilea; murió 1783 en San Petersburgo. Estudió en la Universidad de Basilea con el matemático suizo Johann Bernoulli, licenciándose a los 16 años. En 1727, fue nombrado catedrático de física en 1730 y de matemáticas en 1733. En 1741 fue profesor de matemáticas en la Academia de Ciencias de Berlín a petición del rey de Prusia, Federico el Grande. Euler regresó a San Petersburgo en 1766, donde permaneció hasta su muerte. Aunque obstaculizado por una pérdida parcial de visión antes de cumplir 30 años y por una ceguera casi total al final de su vida, Euler produjo numerosas obras matemáticas importantes, así como reseñas matemáticas y científicas.

En su *Introducción al análisis de los infinitos* (1748), Euler realizó el primer tratamiento analítico completo del álgebra, la teoría de ecuaciones, la trigonometría y la geometría analítica. En esta obra trató el desarrollo de series de funciones y formuló la regla por la que sólo las series convergentes infinitas pueden ser evaluadas adecuadamente. También abordó las superficies tridimensionales y demostró que las secciones cónicas se representan mediante la ecuación general de segundo grado en dos dimensiones. Otras obras trataban del cálculo (incluido el cálculo de variaciones), la teoría de números, números imaginarios y álgebra determinada e indeterminada. Euler, aunque principalmente era matemático, realizó también aportaciones a la astronomía, la mecánica, la óptica y la acústica. Entre sus obras se encuentran *Instituciones del cálculo diferencial* (1755), *Instituciones del cálculo integral* (1768−1770) e *Introducción al álgebra* (1770).

De entre las innumerables contribuciones de Euler podemos citar la **trigonometría** en su versión moderna (tal como se enseña actualmente en las escuelas), el concepto preciso de **logaritmo** y la elucidación de lo que son los **números imaginarios**.

Logaritmos

Los logaritmos fueron inventados por Napier y Briggs a principios del siglo XVII y, en su época, fueron una gran ayuda para realizar operaciones aritméticas. Sin embargo, Euler fue quien los interpretó como lo que en matemáticas se llaman "funciones", es decir, reglas para asociar un número a otro número.

Vistos así, los logaritmos y los exponentes, que son sus "funciones inversas", resultaron tener un campo de acción mucho más amplio que el de simples herramientas de cómputo.

Euler descubrió la gran utilidad de las funciones logaritmo y exponente para el análisis matemático; en particular, mostró que los logaritmos podían tener cualquier base, no sólo el 10, y encontró la base más natural para ellos: el número "e".

Imaginarios

En el álgebra, Euler mostró que es perfectamente posible trabajar con lo que, hasta la fecha, se conocen como "números imaginarios".

Las síntesis de Euler fueron numerosísimas. Por ejemplo, en una de tantas fórmulas que descubrió, se unen, por una parte, una suma que involucra a todos los números enteros números tan comunes y, por otra parte, un producto que involucra todos los números primos, esos números tan fáciles de definir y tan endiabladamente difíciles de manejar. Euler fue el maestro de las síntesis matemáticas.

El primer logro científico importante de Euler lo constituyó la introducción (1736) del método analítico en la exposición de la mecánica newtoniana con el fin de reducir al mínimo la tradicional confianza en la demostración por métodos geométricos. De la mecánica, Euler trasladó estos planteamientos al cálculo infinitesimal, y en 1748 publicó la primera obra de análisis matemático en la que el papel principal estaba reservado a las funciones en lugar de a las curvas. La geometría fue, con todo, un campo en el que Euler realizó las contribuciones mayores, siendo uno de sus resultados más conocidos la fórmula que relaciona el número de caras, vértices y aristas de un poliedro regular, en el que el número de caras más el número de vértices es igual al número de aristas más dos (C + V = A + 2). Sus obras completas, que abarcan más de ochocientos tratados, ocupan 87 volúmenes.

Teorema de Euler

Teorema que relaciona el número de caras, vértices y aristas de un poliedro simple (sin orificios) cualquiera.

Establece lo siguiente: en un poliedro simple, el número de caras, *C*, más el número de vértices, *V*, es igual al número de aristas, *A*, más dos. Es decir:

C + V = A + 2

3.− SIGLO XIX

3.1.− <u>JOSEPH LOUIS DE LAGRANGE</u>

Joseph Louis de Lagrange, matemático, físico y astrónomo nacido en Italia de familia francesa, estableció las bases matemáticas en su ***Mecánica Analítica*** (1788) para el desarrollo de la mecánica celeste de Laplace.

Lagrange es considerado uno de los dos matemáticos más importantes del siglo XVIII, siendo el otro Leonardo Euler. Nació en Turín en **1736**.

A los diecinueve años de edad, obtuvo fama resolviendo el así llamado problema isoperimétrico, que había desconcertado al mundo matemático durante medio siglo. Comunicó su demostración en una carta a Euler, el cual se interesó enormemente por la solución, de modo especial en cuanto concordaba con un resultado que él mismo había hallado. Euler con admirable tacto y amabilidad respondió a Lagrange, ocultando deliberadamente su propia obra, de manera que todo el honor recayera sobre su joven amigo.

La publicación de su obra maestra ***Mécanique Analytique*** originó gran interés, que aumentó considerablemente, en 1787. Los matemáticos acudieron en tropel a recibirle y a rendirle todos los honores, pero se desanimaron al encontrar perturbado, melancólico e indiferente al ambiente circundante.

En años posteriores, su habilidad matemática volvió nuevamente, y produjo muchas joyas de álgebra y análisis.

Una consecuencia de la Revolución fue la adopción del sistema métrico, en el cual la subdivisión de las monedas, pesos y medidas, se halla estrictamente basada en el número diez. Cuando hacía objeciones a este número, prefiriendo naturalmente el doce, por que tiene más factores, Lagrange señaló, inesperadamente, que era una pena que no se hubiera escogido el número once como base, porque es primo.

Llevó a cabo trabajos sobre la teoría de números y la teoría de ecuaciones, en los que planteó la resolución de las ecuaciones diferenciales de derivadas parciales. Sus principales aportaciones a la física las realizó en el campo de la mecánica racional: estudió el problema de los tres cuerpos, introdujo el principio de las velocidades virtuales y estableció un sistema de ecuaciones del movimiento. Entre sus obras cabe citar ***Miscellanea Taurinensia***, ***Mecánica analítica*** (1788) y ***Teoría de las funciones analíticas***, que conjuntamente sirvieron para unificar los fundamentos de la mecánica.

Murió en **1813**, a los setenta y seis años de edad.

3.2.− <u>PIERRE SIMON DE LAPLACE</u>

Nació en Beaumont−en−Auge en **1749** y murió en París en **1827**.

Laplace probó la estabilidad del sistema solar. En análisis Laplace introdujo la función potencial y los coeficientes de Laplace. Dio especial importancia a la teoría de la probabilidad.

Hipótesis Nebular.

Laplace presentó su famosa hipótesis nebular en *"Exposition du systeme du monde"* en 1797, que formulaba que el sistema solar se creó de la contracción y enfriamiento de una gran nube aplastada de gas incandescente que giraba lentamente.

La Teoría de la Probabilidad.

Laplace también trabajó en la Teoría de la Probabilidad, y en particular dedujo el método de los mínimos cuadrados. Su "Théorie Analitique des Probabilités" se publicó en 1812.

A él le corresponde, además, el mérito de haber descubierto y demostrado el papel desempeñado por la distribución normal en la teoría matemática de la probabilidad. Sus aportaciones en este campo pueden cifrarse en dos: por un lado la creación de un método para lograr aproximaciones de una integral normal; por otro su descubrimiento y demostración de lo que ahora se llama el teorema central del límite.

Aportaciones en Análisis Matemático.

Asimismo, estudió las ecuaciones diferenciales y la geodesia. Así, es muy conocida la famosa ecuación diferencial de Laplace. Una ecuación del tipo Nabla cuadrado de f = 0 siendo Nabla cuadrado un operador laplaciano. Llamamos Laplaciana, u operador de Laplace, a un operador para un campo escalar que se simboliza como Nabla cuadrado, definido en coordenadas cartesianas rectangulares. Está definido siempre que existan todas las derivadas parciales del segundo miembro.

Conocemos la Transformada de Laplace, como una transformación que asocia a cada función real una función compleja, designada generalmente por L(f). Esta transformada tiene aplicaciones muy interesantes, como la resolución de ciertas ecuaciones diferenciales, y el estudio de problemas con condiciones de contorno. Se utiliza frecuentemente en análisis de circuitos eléctricos y en servosistemas.

En colaboración con Antoine Lavoisier dirigió experimentos sobre la acción capilar y sobre el calor específico. Estableció la relación que expresa la presión capilar ejercida sobre una superficie líquida curvada. Este resultado se conoce en física como la Ley de Laplace. Realizó junto a Lavoisier las primeras medidas calorimétricas relativas a los calores específicos y a las reacciones químicas. Estableció la fórmula de las transformaciones adibáticas de un gas, y la utilizó en la expresión de la velocidad de propagación del sonido.

Aportaciones al Álgebra.

Laplace publicó varios artículos sobre matrices y determinantes. En 1772 dijo que los métodos introducidos por Cramer y Bezout eran inservibles, y en un artículo en el que estudió las órbitas de los planetas planteó la resolución de sistemas de ecuaciones lineales sin calcularla realmente, usando determinantes. Sorprendentemente, Laplace usó la palabra "resultante", para lo que hoy llamamos determinante. Es curioso, ya que es la misma palabra que usó Leibniz, aunque Laplace seguramente no conocía su obra. Laplace obtuvo el desarrollo de un determinante que ahora lleva su nombre.

Regla de Laplace.

Fórmula que permite calcular la probabilidad de sucesos en experiencias ideales. Debe su nombre al matemático francés Pierre Laplace, quien la enunció en su libro *Teoría analítica de las probabilidades* (1812).

Se aplica en experiencias en las que todos los elementos del espacio muestral son equiprobables (tienen la misma probabilidad). Según esta regla, la probabilidad de un suceso cualquiera *S* se calcula:

***P* [*S*] = número de casos favorables a *S* / número de casos posibles**

3.3.− PAOLO RUFFINI

Nació el 22 de septiembre de 1765 en Valentano, Estados Papales (hoy Italia) y murió el 10 de mayo de 1822 en Módena, (Italia, en la actualidad). Fue matemático y médico.

Estudió matemáticas, medicina, filosofía y literatura. En 1788 Ruffini se graduó en filosofía, medicina y cirugía, y poco más tarde obtuvo su graduación en matemáticas.

Sus estudios de matemáticas le valieron pronto para tener muy buena reputación en el campo matemático y en 1787 accedió al puesto de profesor en la Universidad de Módena (ocupando la plaza vacante de su profesor Cassiani), donde había estudiado. Fue nombrado rector de la Universidad en 1814, y catedrático de clínica médica, medicina práctica y matemáticas aplicadas.

Paolo Ruffini ha sido conocido a lo largo de los años, dentro del mundo matemático, como el descubridor de la **regla de Ruffini** que hace que se permita encontrar los coeficientes del polinomio que resulta de la división de un polinomio cualquiera por el binomio (x−a). Pero esto no ha sido lo único con lo que Ruffini ha colaborado en el mundo de las matemáticas, elaboró una demostración de la imposibilidad de la solución general de las ecuaciones algebraicas de grado quinto y superiores, aunque no fue del todo exacta su teoría, que sería corregida posteriormente por Niels Henrik Abel, matemático noruego. Sabemos que Ruffini tuvo discusiones con otros matemáticos de la época como Lagrange, al cual enviaba sus resultados. El famoso teorema sobre la imposibilidad de encontrar una fórmula para resolver las ecuaciones de quinto grado fue enunciado por primera vez Ruffini en el libro ***Teoria generale delle equazioni***, publicado en Bolonia en 1798. La demostración de Ruffini fue, sin embargo, incompleta.

Entre las obras que escribió P. Ruffini destacan *Teoría generale delle equazione generale in cui si dimostra imposibile la soluzione algebraica delle equazioni generali di grado superiore al quarto grado* (1798), *Algebra e suo apendice* (1807*), Rifflesioni intorno alla soluzione delle equazioni algebraiche generali* (1813) y *Riflessioni critiche sopra il sagio filosofico intorno alla probabilità del Signore de Laplace* (1821).

Desde 1791 a 1798 Ruffini ocupó una cátedra de matemáticas. Ruffini siguió dedicándose a practicar la medicina y a la investigación matemática, concretamente a demostrar que la ecuación algebraica de grado 5º no se puede resolver por radicales.

Esta demostración fue ignorada por los matemáticos de su época, durante más de 20 años. Fue en 1821 cuando otro matemático, Cauchy, le escribe una carta alabando su descubrimiento

Desde 1814 Ruffini fue rector de la universidad de Módena, a la vez que trata a sus pacientes de una epidemia de tifus. Él mismo contrae la enfermedad, de la que muere unos años más tarde.

En la actualidad, conocemos a este matemático no por el resultado anteriormente citado, sino por la conocida ***Regla de Ruffini.***

3.4.− JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER

Jean Baptiste Joseph Fourier nació el 21 de Marzo de 1768 en Auxerre, Bourgogne, Francia y falleció el 16 de Mayo de 1830 en París, Francia.

Fourier estudió matemáticas y más tarde enseñaba matemática en la Escuela Normal. En 1801 a su regreso de Egipto, empezó a ocuparse de lleno de la ciencia. El problema que más le interesaba era el del modo en que el calor fluía de un punto a otro a través de un objeto en particular. Publicó *"La teoría analítica del calor"* en 1822 seguidor de la teoría matemática de la conducción del calor. Estableció la ecuación diferencial parcial que gobierna la difusión del calor solucionándolo por el uso de series infinitas de funciones trigonométricas. En esto introduce la representación de una función como una serie de senos y cosenos, ahora conocidas como las series de Fourier.

Fourier recopiló todo su ingenio matemático y descubrió lo que hoy se conoce como teorema de Fourier. Según este, cualquier oscilación periódica, por complicada que sea, se puede descomponer en serie de movimientos ondulatorios simples y regulares, la suma de los cuales es la variación periódica compleja original. Es decir se puede expresar como una serie matemática en la cual los términos son funciones trigonométricas. El teorema de Fourier tiene muchas aplicaciones; puede ser utilizado en el estudio del sonido y de la luz y desde luego en cualquier fenómeno ondulatorio. El estudio matemático de tales fenómenos, basado en el teorema de Fourier se llama análisis armónico.

3.5.− SOPHIE GERMAIN.

Nacida en París, el 1 de abril de 1876 y criada durante los años de turbulencia en Francia. Sus padres se opusieron a que estudiara matemáticas hasta que no tuvieron opción y lo aceptaron.

Germain no podía ir a la escuela porque no aceptaban mujeres; pero se las arreglaba para recibir apuntes de los profesores. A ella le atrajo el análisis de Lagrange y bajo un nombre ficticio le escribió una composición. A éste le impresionó tanto, que averiguó quien era y fue a su casa a decirle cuán impresionado estaba. Esto le sirvió a Germain para tener el coraje de seguir estudiando matemáticas. Como resultado de un libro escrito por Gauss, Germain le escribió usando el mismo pseudónimo que había usado con Lagrange. Gauss se interesó tanto en sus observaciones, que mantuvieron correspondencia por varios años. En 1807, Gauss se enteró del verdadero nombre de Germain. Ella temía que a Gauss le sucediera algo y envió unas tropas a la casa de él para asegurarse de que estuviera bien. Cuando los soldados le hablaron de Germain, él les dijo que no la conocía. Luego, por cartas se esclareció la situación.

Germain trabajó en el problema de la ley matemática de vibraciones de superficies elásticas. En 1811 sometió un trabajo al respecto a la Academia Francesa de las Ciencias (anónimamente); pero fue criticada por la falta de precisión al pasar de una línea a una superficie. En 1813 sometió otro trabajo del mismo tema y en 1816 ganó el primer lugar situándola entre los mejores matemáticos. Esto hizo que la aceptaran entre los círculos de matemáticos. Continuó escribiendo sobre distintos problemas matemáticos y continuó intercambiando correspondencia con Gauss. Este pidió a la Universidad de Göttingen que le dieran el grado de doctora; pero el 26 de junio de 1831 murió, antes de poder recibir el grado.

3.6.− CARL FRIEDRICH GAUSS

Carl Friedrich Gauss, matemático alemán conocido por sus muy diversas contribuciones al campo de la física, especialmente por sus estudios del electromagnetismo. Nació en Braunschweig el 30 de abril de 1777, hijo de un humilde albañil, Gauss dio señales de ser un genio antes de que cumpliera los tres años. A esa edad aprendió a leer y hacer cálculos aritméticos mentales con tanta habilidad que descubrió un error en los cálculos que hizo su padre para pagar unos sueldos. Ingresó a la escuela primaria antes de que cumpliera los siete años.

Cuando Gauss tenía diez años de edad, su maestro solicitó a la clase que encontrará la suma de todos los números comprendidos entre uno y cien. El maestro, pensando que con ello la clase estaría ocupada algún tiempo, quedó asombrado cuando Gauss, levantó en seguida la mano y dio la respuesta correcta. Gauss reveló que encontró la solución usando el álgebra, el maestro se dio cuenta de que el niño era una promesa en las matemáticas. Cuando tenía doce años, criticó los fundamentos de la geometría euclidiana; a los trece le interesaba las posibilidades de la geometría no euclidiana. A los quince, entendía la convergencia y probó el binomio de Newton. El genio y la precocidad de Gauss llamaron la atención del duque de Brunswick, quien dispuso, cuando el muchacho tenía catorce años, costear tanto su educación secundaria como universitaria. Gauss, a quien también le interesaban los clásicos y los idiomas, pensaba que haría de la filología la obra de su vida, comenzó sus estudios de lenguas antiguas, pero a los 17 años comenzó a interesarse por las matemáticas e intentó dar una solución al problema clásico de la construcción de un heptágono regular, o figura de siete lados, con una regla y un compás. No solamente consiguió probar que esto era imposible, sino que siguió aportando métodos para construir figuras de 17, 257 y 65.537 lados. Durante estos estudios, probó que la construcción, con regla y compás, de un polígono regular con un número de lados impar sólo era posible cuando el número de lados era un número primo de la serie 3, 5, 17, 257 y 65.537 o un producto de dos o más de estos números. A raíz de este descubrimiento abandonó sus estudios de lenguas y se dedicó a las matemáticas. Estudió en la Universidad de Gotinga desde 1795 hasta 1798; para su tesis doctoral presentó una prueba de que cada ecuación algebraica tiene al menos una raíz o solución. Este teorema, que ha sido un desafío para los matemáticos durante siglos, se sigue denominando teorema fundamental de álgebra (*véase* Álgebra; Teoría de ecuaciones). Su tratado sobre la teoría de números, *Disquisitiones arithmeticae* (1801), es una obra clásica en el campo de las matemáticas.

Gauss se graduó en Gotinga en 1798, y al año siguiente recibió su doctorado en la Universidad de Helmstedt. Las matemáticas no fueron el único tema que le interesó a este hombre; fue también astrónomo, físico, geodesta e inventor. Hablaba con facilidad varios idiomas, e inclusive dominó el ruso a la edad de sesenta años. A principios del siglo XIX, Gauss publicó sus Disquisiciones aritméticas, que ofrecían un análisis lúcido de su teoría de números, comprendiendo las complicadas ecuaciones que confirmaban su teoría y una exposición de una convergencia de una serie infinita.

Gauss también dirigió su atención hacia la astronomía. El asteroide Ceres había sido descubierto en 1801, y puesto que los astrónomos pensaban que era un planeta, lo observaron con mucho interés hasta que lo perdieron de vista. Desde sus primeras observaciones, Gauss calculó su posición exacta, de forma que fue fácil su redescubrimiento. También planeó un nuevo método para calcular las órbitas de los cuerpos celestes. En 1807 fue nombrado profesor de matemáticas y director del observatorio de Gotinga, ocupando los dos cargos hasta el 23 de febrero de 1855, fecha de su muerte.

Gauss desarrolló, en la teoría de números, el importante teorema de los números primos. Gauss fue el primero en desarrollar una geometría no euclídea, pero no publicó estos importantes descubrimientos ya que deseaba evitar todo tipo de publicidad. En la teoría de la probabilidad, desarrolló el importante método de los mínimos cuadrados y las leyes fundamentales de la distribución de la probabilidad. El diagrama normal de la probabilidad se sigue llamando curva de Gauss que es una ley de probabilidad según la cual cuando sobre una magnitud actúan una serie de pequeñas variaciones independientes entre sí, los resultados se disponen alrededor de la media y se distribuyen simétricamente a su alrededor, distribución cuya representación gráfica es una curva, la cual tiene forma de campana, de ahí que reciba el nombre de *curva o campana de Gauss.*

Realizó estudios geodésicos y aplicó las matemáticas a la geodesia. Junto con el físico alemán Wilhelm Eduard Weber, Gauss realizó una intensa investigación sobre el magnetismo. Entre sus más importantes trabajos están los de la aplicación de las matemáticas al magnetismo y a la electricidad; una unidad de inducción magnética recibe su nombre. También llevó a cabo investigaciones en el campo de la óptica, especialmente en los sistemas de lentes.

En 1833 inventó un telégrafo eléctrico que usó entre su casa y el observatorio, a una distancia de unos dos kilómetros. Inventó también un magnetómetro bifiliar para medir el magnetismo y, con Weber, proyectó y construyó un observatorio no magnético.

Tanto Gauss como Riemann, que fue discípulo suyo, pensaban en una teoría electromagnética que sería muy semejante a la ley universal de la gravitación, de Newton. Empero, la teoría del electromagnetismo fue ideada más tarde, en 1873, por Maxwell, aunque Gauss ya poseía los cimientos matemáticos para la teoría. En 1840, las investigaciones de Gauss sobre la óptica tuvieron especial importancia debido a sus deducciones por lo que toca a los sistemas de lentes.

A la edad de setenta y siete años, Gauss falleció. Se ha dicho que la lápida que señala su tumba fue escrita con un diagrama, que construyó el mismo Gauss, de un polígono de diecisiete lados. Durante su vida, se reconoció que era el matemático más grande de los siglos XVIII y XIX. Su obra en las matemáticas contribuyó a formar una base para encontrar la solución de problemas complicadísimos de las ciencias físicas y naturales.

3.7.− SIMÉON DENIS POISSON

Siméon Denis Poisson nació el 21 de Junio 1781 en Pithiviers, Francia y falleció el 25 abril 1840 en Sceaux (cercano a Paris), Francia.

El trabajo más importante de Poisson fue una serie de escritos de las Integrales Definidas y sus avances en las series de Fourier. Escribió una memoria de diferencias finitas cuando tenía sólo 18 años, esto atrajo la atención de Legendre.

Poisson enseñaba en la escuela politécnica desde el año 1802 hasta 1808 cuando llegó a ser un astrónomo de Bureau des Longitudes. En 1809 fue nominado como profesor de matemáticas puras en la nuevamente abierta facultad de ciencias.

Su trabajo más importante fue una serie de escritos de integrales definidas y sus avances en las series de Fourier.

En Recherchés sur la probabilité des jugements...., fue un trabajo importante en probabilidad publicado en el año 1837. La distribución de Poisson describe la probabilidad como un acontecimiento fortuito ocurrido en un tiempo o intervalo de espacio bajo las condiciones que la probabilidad de un acontecimiento ocurre es muy pequeña, pero el número de intentos es muy grande, entonces el evento actual ocurre algunas veces.

Su nombre es asociado a un área extensa de ideas, por ejemplo: Integral de Poisson, Teoría de ecuaciones de potencia de Poisson, Avances de Poisson en ecuaciones diferenciales, La razón de la probabilidad de Poisson y La constante en electricidad de Poisson.

Se ocupó de la teoría de la probabilidad y el análisis complejo. Aplicó las matemáticas al electromagnetismo. La ley de Poisson relaciona las presiones y los volúmenes en la compresión adiabática.

En 1838, desarrolló una fórmula para calcular la probabilidad de ocurrencia de sucesos cuando ésta es muy pequeña, que tiene gran aplicación en la práctica. A partir de esta fórmula obtuvo una distribución que lleva su nombre, y que, como más tarde se demostraría, es un caso especial de la distribución binomial o distribución de Bernoulli.

Poisson estudió también el área de las matemáticas puras, siendo significativo su estudio de lo que en la actualidad se conoce como integración de contornos. Fue el primer matemático que interpretó funciones complejas a lo largo de contornos en el plano complejo. Con sus trabajos en esta materia contribuyó, en gran medida, al desarrollo del análisis complejo.

Poisson, basándose en la teoría molecular, demostró que dentro de la zona elástica de cada material, la relación entre el acortamiento lateral unitario y el alargamiento axial unitario es constante. Esta constante, que se suele designar con la letra griega m, recibe el nombre de coeficiente de Poisson y ha sido comprobado experimentalmente.

En 1824, Poisson publica una memoria en la que describe la teoría de "los dos fluidos" de la electricidad con objeto de dar una explicación al magnetismo, formulando el potencial magnético en cualquier punto como la suma de las integrales del volumen y la superficie de contribuciones magnéticas. Poisson muere en 1840, siendo miembro de la Academia de Ciencias de París.

3.8.− BERNARD BOLZANO

Bernard Bolzano, matemático, filósofo y teólogo checo. Nació en Praga el 5 de octubre de 1781. Ingresó a la facultad de filosofía en la Universidad de Praga en el 1796, estudió filosofía y matemática y se hizo sacerdote en 1805; ese año fue designado profesor de filosofía de la religión en la Universidad de Praga. Es de destacar que su "aritmetización del cálculo" coincide casi exactamente con la del prolífico Cauchy, a pesar de haber sido obtenida de forma independiente.

Bernard Bolzano, liberó al cálculo del concepto infinitesimal. También dio ejemplos de la correspondencia de las funciones. Bolzano además trabajó en metafísica oponiéndose a Kant.

Bolzano, se adelantó a los analistas rigurosos del siglo XIX del concepto de función continua y en la demostración de sus propiedades, en el criterio de convergencia de series, y en la existencia de funciones continuas sin derivadas; pero por haber publicado sus escritos de análisis en Praga.

Falleció el 18 de Diciembre 1848 en Praga dejándonos al final de su vida logros importantes como el teorema que lleva su nombre o el método de la bisección.

Teorema de Bolzano y método de la bisección para localizar las raíces de una función

− Enunciado del teorema:

Si f(x) es una función continua en el intervalo [a, b], y si, además, en los extremos del intervalo la función f(x) toma valores de signo opuesto (f(a) * f(b) < 0), entonces existe al menos un valor c (a, b) para el que se cumple: f(c) = 0. Es decir: si una función es continua en un intervalo cerrado y acotado [a, b], y los valores en los extremos del intervalo tienen signos distintos, entonces podemos asegurar la existencia de al menos una raíz de la función en el intervalo abierto (a, b).

− Método de la Bisección:

El teorema de Bolzano tiene una interesante aplicación en la localización de las raíces o ceros de una función continua. Consiste en lo siguiente: buscamos por tanteo dos valores "a" y "b" para los que la función tome signos opuestos. Si conseguimos encontrar dos valores que cumplan la condición anterior, por ejemplo f(a) < 0 y f(b) > 0, y, además, la función es continua en I = [a, b], queda garantizada por el teorema de Bolzano la existencia en el intervalo (a, b) de al menos una raíz. Si ahora tomamos el punto medio del intervalo (x = (a + b)/2) la función en ese punto puede tomar el valor 0, en cuyo caso ya tendríamos localizada una raíz, o bien en (a + b)/2 toma un valor positivo o negativo. Si f((a + b)/2) < 0, nos fijaríamos ahora en el intervalo I1 =[(a + b)/2, b] en el que la función es continua y en cuyos extremos toma valores de signos opuestos. El teorema de Bolzano garantiza así la existencia de al menos una raíz en ese intervalo I1 de longitud la mitad de la longitud del intervalo inicial. (Si f((a + b)/2)>0 I1=[a, (a +b)/2]. Se repite el mismo proceso con el intervalo I1, con lo que vamos obteniendo intervalos cada vez más pequeños, dentro de los cuales sabemos que existe una raíz. Podemos así hallar el valor de esa raíz con la aproximación deseada.

3.9.− AUGUSTIN LOUIS CAUCHY

Matemático francés, considerado uno de los impulsores del análisis en el siglo XIX. Nació en París en 1789 y estudió en la Escuela Politécnica de esta ciudad. Fue profesor simultáneamente en el Colegio de Francia, en la Escuela Politécnica y en la Universidad de París. En 1848 fue nombrado profesor de astronomía matemática de esa universidad.

Cauchy verificó la existencia de funciones elípticas recurrentes, dio el primer impulso a la teoría general de funciones y sentó las bases para el tratamiento moderno de la convergencia de series infinitas. También perfeccionó el método de integración de las ecuaciones diferenciales de primer grado.

Agustín Louis Cauchy pionero en el análisis y la teoría de permutación de grupos.
El ayudó ocupando diversos puestos en la Facultad de Ciencia de París, El Colegio de Francia y La Escuela Politécnica. En 1814 el publicó la memoria de la integral definida que llegó a ser la base de la teoría de las funciones complejas.

Gracias a Cauchy, el análisis infinitesimal adquiere bases sólidas.

Como Cauchy se precisan los conceptos de función, de límite y de continuidad en la forma actual o casi actual, tomando el concepto de límite como punto de partida del análisis y eliminando de la idea de función toda referencia a una expresión formal, algebraica o no, para fundarla sobre la noción de correspondencia. Los conceptos aritméticos otorgan ahora rigor a los fundamentos del análisis, hasta entonces apoyados en una intuición geométrica que quedará eliminada, en especial cuando más tarde sufre un rudo golpe al demostrarse que hay funciones continuas sin derivadas, es decir: curvas sin tangentes.

Cauchy vuelve a tomar el concepto tradicional de integral, como suma y no como operación inversa. También introdujo el rigor en el tratamiento de las series fijando criterios de convergencia y eliminando, algo a pesar suyo, las series divergentes, pues dice "Me he visto obligado a admitir diversas proposiciones que parecerán algo duras; por ejemplo, que una serie divergente carece de suma".

Cauchy retornó a París en 1838 y retomó su cargo en la academia pero no su posición de profesor por haber rechazado tomar el juramento de lealtad. Cuando Louis Philippe fue destronado en 1848 Cauchy retomó su cátedra en Sorbonne. El ayudo en los postgrados hasta la hora de su muerte.

3.10.− <u>NICOLAI IVANOVICH LOBATCHEVSKY</u>

Nicolai Ivanovich Lobatchevsky, matemático ruso nacido cerca de Nizhni Novgorod Su padre murió cuando él era muy pequeño y su educación recayó en manos de su madre. A la edad de 20 años consiguió un puesto en la universidad de Kazan. Escribió muchas obras sobre matemática, pero su fama fundamental fue como "hereje matemático". Durante veinte siglos Euclides y su sistema geométrico habían permanecido inalterables, estaban completamente admitidos por los geómetras. Sin embargo había en Euclides una pequeña imperfección que adquiría forma en su quinto axioma, el de las rectas paralelas. Lovachevski dio un paso gigantesco al preguntarse si dicho axioma era completamente imprescindible para construir la geometría. Así desarrolló una nueva geometría, denominada no euclideana, partiendo de que por un punto no contenido en una recta pueden trazarse al menos dos rectas paralelas a la recta dada. Publicó sus ideas en 1829. Junto a Lovachevski trabajaron en el desarrollo de estas nuevas geometrías no euclideanas, Bolyai, Gauss y Rieman. Tres cuartos de siglo después, Einstein pudo demostrar que la estructura del universo no era euclideana y que los conceptos teóricos propuestos por Lovachevski tenían una aplicación muy práctica. La recompensa obtenida por Lovachevski por su "herejía", fue el despido de su puesto de trabajo. Falleció en Kazan en 1856.

3.11.− __NIELS HENRIK ABEL__

Niels Henrik Abel, matemático noruego, nacido el 5 de Agosto de 1802 en Finnoy, una isla cerca de Stavanger; vivió en la pobreza. Tras la muerte de su padre en 1820, ministro protestante, Abel asumió la responsabilidad de mantener a su madre y familia.

Holmboe, profesor de Abel, reconoció su gran talento para las matemáticas. Ingresó en la Universidad de Christiania en 1821, diez años después de su fundación; debido esto a su falta de dinero para asistir a una colegiatura para ingresar en la Universidad; y se graduó un año después de su ingreso, en 1822.

Abel publicó en 1823 escritos de ecuaciones funcionales e integrales, y dio la primera solución de una ecuación integral. En 1824 demostró de forma concluyente la imposibilidad de resolver con un proceso elemental de álgebra general las ecuaciones de cualquier grado superior a cuatro; y de su propio costo realizó publicaciones con la esperanza de obtener reconocimiento por su trabajo.

Viajo a Alemania y a Francia gracias a premios de escolaridad del gobierno que gano en algunas ocasiones. En uno de estos viajes, en el que visitaba Alemania, Abel visitó el periódico Crelle; un periódico enteramente dedicado a las matemáticas en el que Abel publicó en 1827 su mayor trabajo "Recherches sur les fonctions elliptiques".

En su viaje a Francia, concretamente en su visita a París, visito a un médico el cual le informó que padecía de tuberculosis; tras esto regresó a Noruega, bastante más débil por su estado de salud, aunque esto no le impidió seguir trabajando. Abel fue el instrumento que le dio estabilidad al análisis matemático.

Continuó trabajando y escribiendo; trabajó en la teoría de la ecuación y de las funciones elípticas, de mayor importancia en el desarrollo de la teoría total; revolucionó el entendimiento de las funciones elípticas debido al estudio de las funciones inversas a éstas. Abel dio una generalización más amplia, incluyendo los casos de exponentes irracionales e imaginarios al teorema del binomio formulado por Isaac Newton y el matemático suizo Leonhard Euler. En la última etapa de su vida, en 1828, fue nombrado instructor de la universidad y escuela militar de Christiania.

El último viaje que realizó fue a visitar a su familia en la Navidad de 1828 en Froland donde murió el 16 de abril de 1829 tras decaer en su enfermedad y empeorar seriamente su estado de salud.

3.12.− __JÁNOS BOLYAI__

János Bolyai, matemático húngaro, nacido el 15 de diciembre de 1802, en Kolozsvár; hijo Wolfgang Bolyai un matemático amigo de Gauss, que con solo trece años, dominaba el cálculo y otras formas de mecánicos analíticos. También se convirtió en violinista realizándose en Viena. Entró a los quince años en la facultad de ingeniería de Viena, en la que permaneció desde 1818 hasta 1822; ingresando, cinco años más tarde, en el ejército, en el que permaneció durante once años.

Bolyai era un lingüista realizado que hablaba nueve idiomas extranjeros, entre ellos el chino y el tibetano

Entre 1820 y 1823 Bolyai preparó un tratado sobre un sistema completo de la geometría no−Euclidiana. Antes de que el trabajo fuera publicado descubrió que Gauss había anticipado mucho de su trabajo aunque nunca lo había publicado en esta área, probablemente porque él no se sentía confidente para publicar, esto era un soplo severo a Bolyai. Este trabajo fue publicado en 1831 como apéndice a una obra de matemáticas escrita por su padre, en el que explica la geometría no euclídea, formulada tres años antes por el matemático ruso Lobachevski. Bolyai descubrió unos años después, en 1848 que Lobatchevsky había publicado un pedazo similar de trabajo en 1829. Además de este trabajo en geometría, Bolyai desarrolló un concepto geométrico riguroso de números complejos como pares pedidos de números verdaderos.

Bolyai nunca publicó más que las veinticuatro páginas del apéndice que hizo al trabajo de su padre; aunque las veinte mil páginas del manuscrito de su trabajo permanecen hoy en la biblioteca de Bolyai−Teleki en Tirgu−Mures.

Bolyai murió el 17 de enero de 1860 en Morosvásárhely.

3.13.− PETER GUSTAV LEJEUNE DIRICHLET

Dirichlet nació el 13 de febrero en Düren, Francia (ahora Alemania). La familia de Dirichlet era originaria de Richelet, cerca de Lieja (Bélgica). Esta es la razón de su nombre "Le jeune de Richelet" (el joven de Richelet). Su padre era el cartero de Düren, un pueblo a medio camino entre Colonia y Aachen.

La pasión por las matemáticas de Dirichlet fue muy temprana. Cuentan que antes de empezar los estudios en el Gymnasium (con doce años) se gastaba su dinero en libros de matemáticas. En el Gymnasium fue un alumno excelente.

Dirichlet llegó a París llevando consigo el libro Disquisitiones aritmeticae, de Gauss. Dirichlet siempre llevaba este libro consigo. En París contrajo la viruela.

En el verano de 1823 Dirichlet fue contratado por el General Maximiliano Sebastian Foy, para la educación de sus hijos. Vivía en su casa y era tratado como un miembro de la familia. En 1825 decidió dedicarse a la enseñanza, ya que no tenía el título de doctor lo que era imprescindible para obtener la habilitación para enseñar y además no sabía latín. El problema lo resolvió la universidad de Colonia, concediéndole un título honorífico de doctor, lo que le permitió obtener la habilitación para enseñar, aunque hubo mucha controversia en la universidad por el nombramiento de Dirichlet.

En 1831 fue nombrado miembro de la Academia de Ciencias de Berlín y le mejoraron el sueldo en la universidad, lo que le permitió casarse. Se casó con Rebeca Mendelsson.

Dirichlet fue amigo toda su vida de Jacobi que enseñaba en Königsberg, ambos se influyeron mutuamente en sus investigaciones sobre teoría de números. En 1843 Jacobi fue diagnosticado de diabetes y le recomendaron que se fuese a Italia, donde el clima era mejor. Dirichlet visitó a Jacobi y al comprobar su difícil situación escribió a Humboldt pidiéndole que intercediese ante Friedrich Wilhelm IV para ayudar económicamente a Jacobi. La ayuda fue concedida, así como un permiso de 18 meses para Dirichlet que acompañó a Jacobi a Italia.

A la muerte de Gauss en 1855 ofrecieron a Dirichlet su puesto en la universidad de Göttingen. Dirichlet no aceptó inmediatamente la propuesta, sino que la usó para obtener mejores condiciones en la universidad de Berlín. Pidió al ministro de Cultura de Prusia que le permitiese finalizar sus clases en el Colegio Militar, pero la tardanza en la respuesta, animó a Dirichlet a aceptar el puesto en la universidad de Göttingen.

En 1858, durante una conferencia en Suiza, Dirichlet sufrió un ataque al corazón. Dirichlet regresó a Göttingen y durante la convalecencia murió su mujer de un accidente. Él murió el 5 de mayo de 1859 en Göttingen, Hanover (ahora Alemania).

Dirichlet hizo grandes contribuciones a las matemáticas, especialmente en teoría de números y en el uso de series para aproximar funciones.

3.14.− WILLIAM ROWAN HAMILTON

William Rowan Hamilton, matemático y astrónomo británico, conocido sobre todo por sus trabajos en análisis de vectores y en óptica. Nació en Dublín en 1805 y estudió en el Trinity College. En 1827, sin haber obtenido su título, fue nombrado profesor de astronomía, y al año siguiente astrónomo real para Irlanda. Hamilton pasó el resto de su vida trabajando en el Trinity College y en el observatorio de Dunsink, cerca de Dublín. En el campo de la dinámica, introdujo las funciones de Hamilton, que expresan la suma de las energías cinética y potencial de un sistema dinámico; son muy importantes en el desarrollo de la dinámica moderna y para el estudio de la teoría cuántica.

3.15.− EVARISTE GALOIS

Matemático francés nacido en 1811 y fallecido en 1832 en París. Su vida fue corta, pero plena de activas luchas políticas y un interés apasionado por los estudios matemáticos, representa un vivo ejemplo de cómo, en la actividad de un hombre dotado, las premisas acumuladas en la ciencia se transforman en una etapa cualitativamente nueva de su desarrollo. Abrió un nuevo campo en análisis con su teoría de grupos.

Cuando comenzó a asistir a la escuela, mostró poco interés por el latín, el griego y el álgebra, pero se sintió inmediatamente fascinado por la Geometría de Legendre. Más tarde estudió con aprovechamiento álgebra y análisis en las obras de maestros tales como Lagrange y Abel, pero su trabajo rutinario de clase en matemáticas fue siempre mediocre, y sus profesores lo consideraron como un muchacho raro.

A los 16 años Galois sabía ya, lo que sus maestros no habían logrado descubrir, que era un genio para las matemáticas. A los 17 años Galois desarrolló por escrito sus escritos fundamentales en un artículo que envió a Cauchy, artículo que éste último perdió. Por sus fuertes ideas republicanas y revolucionarias fue encarcelado por dos veces, y apenas obtenida la libertad, murió en un desafío cuando aun no había cumplido los veintiún años. No obstante su prematura muerte, Galois se reveló como un genio de primer orden.

Su obra principal es la teoría que él llamó de las ecuaciones algebraicas; como Galois expuso su teoría de forma muy concisa, tardó mucho tiempo en ser conocida, pero hoy es la parte esencial de todos los manuales de álgebra. Galois escribió pocos trabajos, sus manuscritos y borradores apenas ocupan 120 páginas en un libro de pequeño formato, pero el significado de estos trabajos es enorme.

Sus trabajos se hallan coleccionados en "Obras matemáticas de Galois".

Sus obras más famosas son: Démonstration d´un théorème sur les fractions continues périodiques (1828/29), Note sur quelques points d´analyse (1830), Analyse d´une mémoire sur la résolution algébrique des équations (1830).

3.16.− JAMES JOSEPH SYLVESTER

James Joseph Sylvester nació en Londres el 8 de septiembre del año 1814, de padres israelitas, y se ignora todo lo relativo a su infancia.

***Los invariantes* durante mucho tiempo han sido artículo de fe la creencia en el valor de símbolos matemáticos sin sentido, creencia que ha dado lugar a verdaderos absurdos cuyo origen está en la que Enriques ha llamado "superstición del formalismo", que nace de una falsa interpretación del principio de Hankel, según el cual toda expresión escrita con los símbolos de la Aritmética universal sigue siendo válida cuando las letras dejan de representar simples "cantidades". Hoy sabemos que esto sólo es cierto bajo ciertas condiciones.**

Ya el año 1858 Cayley había encontrado una extraña propiedad en el cálculo de matrices: la no conmutatividad del producto, que causó el efecto de una herejía; pero las herejías dejan de serio cuando son razonables y la de Cayley ha sido, precisamente, la base de la obra de Heisenberg que ha modificado la Mecánica ondulatoria, sustituyendo el principio de causalidad toda causa tiene un efecto, admitido como dogma científico, por el de indeterminación, que reduce a la modesta categoría de probable la certeza que orgullosamente hemos venido atribuyendo a la Ciencia. Pero en la primera mitad del siglo XIX, las cosas pasaban de otro modo, y fueron los ingleses quienes, saliendo de su "espléndido aislamiento", las modificaron de raíz.

El año 1812 Jorge Peacock, Carlos Babbage y Juan Federico Guillermo Herschell fundan en Cambridge una "Sociedad Analítica" que no tardó en hacer progresar la Matemática, encerrada hasta entonces en moldes newtonianos. Dicha sociedad fue el germen de lo que después se ha llamado escuela de los reformadores ingleses, quienes, con su característica originalidad insular, pusieron los cimientos de la actual Álgebra por postulados; y cuando el año 1841 Cayley y Sylvester crean la teoría de invariantes, de importancia capital en la Física teórica, el terreno está ya preparado para recibir la nueva semilla.

Gauss y Peacock dan a conocer su tratado de Álgebra en el que por primera vez se consideran las letras *a, b,* que intervienen en relaciones como:

a + b = b + a

a * b = b * a

No como números, sino cómo símbolos arbitrarios combinados convenientemente en dos operaciones: una representada por el signo + y la otra por el signo * de acuerdo con los postulados previamente admitidos A Peacok le faltó, sin embargo, dar el paso decisivo: *demostrar* que sus postulados no eran contradictorios, paso que franquearon los alemanes que se ocupaban de los fundamentos de la Matemática.

Cayley y Sylvester se conocieron el año 1850, no como matemáticos, sino como abogados, y en verdad que debió de ser curiosa la entrevista. Cada uno de ellos conocía la labor del otro y ambos se profesaban mutua admiración, de la que nació en aquel momento una amistad perdurable.

La relación personal de ambos tuvo recíproca influencia de la que salió beneficiada la Matemática y perjudicada la Jurisprudencia. Sylvester pidió un puesto de profesor en la Escuela Militar de Woolwich, y no se lo dieron, lo que le obligó a seguir trabajando en la compañía de seguros. Cayley fue más afortunado, pues que la Universidad de Cambridge creó por entonces una nueva cátedra de Matemática de la que le encargaron, y entonces se casó con Susana Moline. Sylvester permaneció célibe, encerrado unos años más en una oficina, realizando una labor de burócrata que no se acomodaba a su temperamento, y, al vacar una plaza en el Gresham College de Londres, la solicitó, pero no se la dieron. En cambio, fue llamado por la Academia de Woolwich para sustituir al candidato que lo había derrotado antes, porque éste acababa de morir.

Sylvester conservó en la cátedra de Woolwich hasta el año 1870 en que fue jubilado por imperativo legal, aunque estaba en plena actividad y en pleno vigor; escribiendo: The Laws of Verse (1870).

Sylvester no se limitó a las lecciones magistrales de la cátedra, sino que realizó, además, una labor de divulgación y de extensión desde *el American Journal of Mathematics*, que fundó en 1875, provocando una verdadera revolución en la enseñanza de la Matemática, y cuando volvió a Inglaterra, en 1885, como profesor especial de Oxford, podía sentirse verdaderamente orgulloso de sí mismo. En la otra orilla del Atlántico quedaban una afición y un método que ya habían empezado a dar pruebas fidedignas de inmediatos frutos sazonados, y cuando en 1893 hubo de retirarse no ya por razones de carácter burocrático, sino biológico, porque era octogenario y estaba casi ciego, alcanzó a saber con legítima e íntima satisfacción que la semilla depositada por él daba ya frutos de bendición.

Murió en Londres el 15 de marzo de 1897. Dos años antes, el 26 de enero de 1895, había muerto Cayley, dejando escritas novecientas sesenta y seis memorias, que ocupan trece volúmenes en cuarto de seiscientas páginas cada uno.

3.17.− AUGUSTA ADA BYRON

Ada Byron (también conocida como Ada Augusta Lovelace o Condesa de Lovelace por su matrimonio con un aristócrata inglés), nació el 10 de diciembre de 1815 en Inglaterra (Londres). Fue hija del famoso poeta romántico Lord Byron y de Annabella Milbanke.

Sus padres se separaron cuando ella tenía sólo un año de edad y Ada quedó a cargo de su madre. Fue educada en ambientes eruditos (como la formación que se daba en el siglo XVIII a las muchachas de la alta sociedad londinense) y desde muy pequeña tuvo excelentes profesores de matemáticas, astronomía, literatura y música.

Fue siempre una niña muy enfermiza y a los 14 años quedó paralítica de las piernas lo cual hizo de ella una niña que en lugar de jugar dedicara largas horas al estudio y la lectura.

A los 17 años; en 1833 Ada conoce a *Charles Babbage (1792−1871)*, profesor de matemáticas de la Universidad de Cambridge, en una conferencia de éste sobre su *máquina analítica*, precedente de los actuales ordenadores. Desde entonces, Ada se convierte en su colaboradora.

En 1843, comienza la traducción de una conferencia del matemático Menabrea sobre la Máquina de Babbage, a la cual añade explicaciones y comentarios personales sobre su funcionamiento.

Ada tuvo la idea de adaptar las tarjetas perforadas que utilizó *Jackard (1753−1834)* en su telar de tejido, para que la máquina de Babbage repitiera determinadas operaciones. Así diseñó un programa para el cálculo de los Números de Bernouilli. Por ello, Ada Byron *es considerada la primera programadora de ordenadores*, y un lenguaje de computación lleva hoy su nombre: ADA.

En este mismo año, Ada era ya una matemática reconocida aunque seguía firmando sus artículos únicamente con sus iniciales por miedo a que por el hecho de ser escritos por una mujer se los rechazaran en las distintas revistas y academias a los que los mandaba.

A los 29 años Ada Byron enfermó gravemente. Después de muchos años de sufrimiento murió a los 36 años el 23 de noviembre de 1852 (a la misma edad que su padre) y sin ver construida la máquina en la que tanto había trabajado. Su cuerpo fue enterrado junto al de su padre a quien nunca conoció como ella siempre había pedido.

3.18.− GEORGE BOOLE

Nació el 2 de Noviembre de 1815 en Lincoln, Lincolnshire (Inglaterra), primero concurrió a una escuela en Lincoln, luego a un colegio comercial. Sus primeras instrucciones en matemática, sin embargo fueron de su padre quién le dio también a George la afición para la construcción de instrumentos ópticos. El interés de George se volvió a los idiomas y recibió instrucción en Latín de una librería local.

En ese periodo Boole estudió los trabajos de Laplace y Lagrange, tomando apuntes, los cuales llegaron a ser más tarde las bases para sus primeros papeles matemáticos. Comenzó a estudiar álgebra y Aplicación de métodos algebraicos para la solución de ecuaciones diferenciales fue publicada por Boole en el *Transaction of the Royal Society*.

Investigó las propiedades básicas de los números, recluyó la lógica a una álgebra simple, trabajó en ecuaciones diferenciales, el cálculo de diferencias finitas y métodos generales en probabilidad...

Boole fue nominado para una cátedra de matemática en el Queens College, Cork en 1849. El enseñó allí por el resto de su vida, ganándose una reputación como un prominente y dedicado profesor.

En el 1854 publicó una investigación de las leyes del pensamiento sobre las cuales son basadas las teorías matemáticas de Lógica y Probabilidad. Boole aproximó la lógica en una nueva dirección reduciéndola a una álgebra simple, incorporando lógica en las matemáticas. Agudizó la analogía entre los símbolos algebraicos y aquellos que representan formas lógicas. Comenzaba el álgebra de la lógica llamada *Álgebra Booleana* la cual ahora encuentra aplicación en la construcción de computadores, circuitos eléctricos, etc.

Boole también trabajó en ecuaciones diferenciales, el influyente *Tratado en Ecuaciones Diferenciales* apareció en 1859, el cálculo de las diferencias finitas, *Tratado sobre el Cálculo de las Diferencias Finitas* (1860), y métodos generales en probabilidad. Publicó alrededor de 50 escritos y fue uno de los primeros en investigar las propiedades básicas de los números, tales como la propiedad distributiva que fundamento los temas del álgebra.

A Boole le fueron concedidos muchos honores; fue reconocido como el genio en su trabajo, recibió grandes honores de las universidades de Dublín y Oxford y fue elegido miembro académico de la Real Sociedad (1857). Sin embargo, su carrera que comenzó un tanto tarde terminó infortunadamente temprano cuando murió a la edad de 49 años, el 8 de Diciembre de 1864 en Ballintemple, County Cork (Irlanda).

Su trabajo fue elogiado por De Morgan quién dijo: el sistema de lógica de Boole es una de las muchas pruebas de genio y paciencia combinada.

Está el proceso simbólico del álgebra, inventado como herramienta de cálculos numéricos, sería competente para expresar cada acto del pensamiento, y proveer la gramática y el diccionario de todo el contenido de los sistemas de lógica, no habría sido creíble hasta probarlo. Cuando Hobbes publicó su "Computación ó Lógica" él tenía un remoto reflejo de algunos de los puntos que han sido ubicados en la luz del día por Mr. Boole.

El trabajo de Boole llegó a ser un paso fundamental en la revolución de los computadores, cuando Claude Shannon en 1938, demostró como las operaciones booleanas elementales, se podían representar mediante circuitos conmutadores eléctricos, y como la combinación de estos podía representar operaciones aritméticas y lógicas complejas. Shannon demostró así mismo que el álgebra de Boole se podía utilizar para simplificar circuitos conmutadores.

3.19.− KARL WEIERSTRASS

Karl Weierstrass fue un matemático alemán nacido en Ostenfel de (Westfalia) el 31 octubre 1815.

Estudió funciones abelianas y elípticas, los números irracionales, las singularidades esenciales dé las curvas algebraicas, el teorema final de la Aritmética, las formas cuadráticas...

En 1838, comenzó sus estudios de Matemáticas en la Universidad de Münster, tras un intento fallido de estudiar Derecho. Fue profesor de enseñanza media desde 1848 hasta 1854, en que se doctoró en Konisberg.

En 1856 ocupó un puesto de profesor en el Inst. Industrial de Berlín, para pasar en 1864 a una cátedra de Matemáticas en la Universidad de esa misma ciudad, de la que fue rector desde 1873 a 1897. Murió en Berlín el 19 febrero 1897.

Su obra más importante: Abhandlungen aus der Funktionenlehre (1886)

Weierstrass es uno de los máximos creadores de la Matemática del S.XIX; además ejerció una gran influencia sobre los matemáticos de su generación. Trabajó en temas diversos: estudio de los números irracionales mediante clases de números racionales; estudio sobre las singularidades esenciales dé las curvas algebraicas; teorema final de la Aritmética, en el que demuestra la no existencia de sistemas de números, aparte de los complejos, que cumplan todas las leyes de la Aritmética; estudio de las formas cuadráticas; demostración de la trascendencia de *1T* y de *e.;* etc.

Sus trabajos más meritorios son los referentes a funciones analíticas, comparte con Cauchy y Riemann el honor de ser el creador de la teoría moderna para el estudio de estas funciones. El primero en trabajar sobre esta materia fue Cauchy, que dio una primera definición excesivamente restrictiva, la cual fue generalizada por Riemann desde el punto de vista geométrico, y por Weierstrass desde el aritmético. Para Weierstrass, una función analítica es la que se puede representar localmente mediante una serie de potencias. Esta definición local nos da, mediante la prolongación analítica, la posibilidad de efectuar un estudio global. Este método, riguroso y válido para cualquier número de variables, reduce el estudio de las funciones analíticas al de las series, estudio totalmente efectuado por los matemáticos anteriores a Weierstrass. A partir de esta definición, Weierstrass realizó un desarrollo completo de las funciones analíticas.

Otros puntos importantes en las obras de Weierstrass son los análisis de las funciones enteras, las elípticas y las abelianas. En la teoría de las funciones enteras trata los llamados por él factores primarios, productos de un polinomio de primer grado por una exponencial, cuyo exponente es un polinomio de grado q (que recibe el nombre de factor), demostrando que toda función entera es producto de factores primarios, lo cual le permite una clasificación de éstas. Además, ideó un procedimiento para construir una función entera con ceros previamente dados, método posteriormente generalizado a funciones meromorfas por Mittag−Leffler. En funciones elípticas simplifica y generaliza los resultados de Jacobi mediante la introducción de la, función *p(u),* y en funciones abelianas generaliza los resultados de Riemann; trabajando sobre las funciones más generales de n variables con $2n$ periodos.

3.20.− <u>ARTHUR CAYLEY</u>

Arthur Cayley fue un Jurista y matemático británico, cuya aportación más importante a las matemáticas es la teoría de los invariantes algebraicos. Junto con su coetáneo Hamilton, encabezaron la prestigiosa escuela de matemáticos ingleses del siglo XIX.

Creó la geometría del espacio de n−dimensiones y la teoría de matrices, proporcionó los medios para unificar la geometría euclídea y las no euclídeas y desarrolló con J. J. Silvestre el concepto de invariantes.

Arthur fue creador de la teoría de los invariantes y de la primera definición abstracta de un grupo finito. Introdujo la métrica proyectiva, formulando conceptos geométricos, luego desarrollados por Klein.

Nació en Richmond (Surrey) y estudió en el King's College y en el Trinity College, Universidad de Cambridge. A comienzos de su carrera, mientras se dedicaba al estudio y a la práctica del derecho, realizó alguno de sus descubrimientos matemáticos más brillantes.

En 1857 propició con sus investigaciones el origen y desarrollo posterior del cálculo matricial. De gran importancia para hoy en día, ya que las matrices se utilizan en el cálculo numérico, en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales, de las ecuaciones diferenciales y de las derivadas parciales. Además de su utilidad para el estudio de sistemas de ecuaciones lineales, las matrices aparecen de forma natural en geometría, estadística, economía, informática, física, etc...

La utilización de matrices (arrays) constituye actualmente una parte esencial de los lenguajes de programación, ya que la mayoría de los datos se introducen en los ordenadores como tablas organizadas en filas y columnas: hojas de cálculo, bases de datos,...

Es considerado como el tercer escritor más prolífico de matemáticas, siendo sólo superado por Euler y Cauchy. Hizo importantes contribuciones en la Teoría de curvas y superficies, en la geometría analítica, en la teoría de los determinantes y el desarrollo de la teoría de los invariantes.

En 1863 fue profesor de matemáticas puras en Cambridge. Sus trabajos en geometría cuatridimensional, proporcionaron a los físicos del siglo XX, especialmente a Albert Einstein, la estructura para desarrollar la teoría de la relatividad.

En 1876 escribió: Elementary Treatise on Elliptic Functions, Collected Mathematical Papers (13 vols; con 966 trabajos).

3.21.− <u>GEORG FRIEDRICH BERNHARD RIEMANN</u>

Georg Riemann nació el 17 de Septiembre en Breselenz (Alemania) y falleció el 20 de Julio 1866 en Selasca, Italia. Estudió en la Universidad de Gottingen, de la que fue profesor auxiliar (1854) y catedrático (1859).

Revolucionó la geometría diferencial en la que basó Einstein su teoría de la relatividad, aportó métodos topológicos para la teoría de las funciones de variable compleja, inventó la función *Zeta* de su nombre, y desarrolló la teoría de las funciones abelianas.

Su principal publicación fue su tesis doctoral (de suma importancia en geometría no euclidiana): Übre die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen (1854).

Las ideas de Riemann referentes a la geometría del espacio tuvo profundos efectos en el desarrollo de la teoría física moderna y proveía los conceptos y métodos usados después en la Teoría de la Relatividad. Clarificó la noción de Integral, definiendo lo que ahora llamamos Integral de Riemann. Era un original pensador y un anfitrión de métodos, teoremas y conceptos que llevan su nombre.

Riemann se trasladó de Gottingen a Berlín en el año 1846 para estudiar bajo la enseñanza de Jacobi, Dirichlet y Einstein.

El año 1849 retornó a Gottingen y su tesis supervisada por Gauss fue presentada en el año 1851. En su informe de la tesis Gauss describe a Riemann como alguien que tenía una fácil y gloriosa originalidad. Con las recomendaciones de Gauss, Riemann fue nominado para un puesto en Gottingen. (La cátedra de Gauss en Gottingen fue ocupada por Dirichlet en el año 1855 y después de su muerte por Riemann).

Las ecuaciones de Cauchy−Riemann (conocidas un tiempo antes) y el concepto de la superficie de Riemann aparecen en su tesis de Doctorado.

Los escritos de Riemann de 1854 llegaron a ser un clásico en las matemáticas y estos resultados fueron incorporados dentro de la teoría de la relatividad y gravitación de Einstein.

El 10 de junio del año 1854, en una conferencia, Georg Riemann dio a conocer una nueva geometría que vino a ampliar la que durante siglos se había considerado como definitiva, la de Euclides.

En la obra de Euclides, todas las figuras geométricas son de 2 ó 3 dimensiones. Riemann amplió eso. Einstein, a final del mismo siglo, utilizará la geometría de cuatro dimensiones de Riemann para explicar el Universo.

La importancia de Riemann no queda ahí, ya que engrandecerá ideas que resultan muy actuales en el pensamiento científico actual:

a) La utilización del espacio multidimensional para simplificar las leyes de la naturaleza. La electricidad, el magnetismo y la gravedad no serían más que efectos causados por la distorsión del hiperespacio (o de la cuarta dimensión, si usamos un término del siglo XIX). La fuerza, según Riemann, sería una consecuencia de la geometría del espacio.

b) Los agujeros de gusano están en su idea de espacios múltiples conectados.

Euclides había sentenciado que:

* Un punto no tiene ninguna dimensión.

* Una línea solo tiene una: longitud.

* Una superficie tiene dos dimensiones: longitud y anchura.

* Un sólido tiene tres dimensiones: longitud, anchura y altura.

* No hay nada que tenga más de tres dimensiones.

Esta limitación fue rota por Riemann al postular la existencia de espacios de **N−dimensiones**, tesis que acompañó con un instrumental matemático denominado tensor métrico. *En el espacio plano,* el único que existe para Euclides.

Las líneas paralelas no se cortan nunca, y solo podemos dibujar una por un punto exterior a una recta.La suma de los ángulos interiores de un triángulo es de 180 grados.

En el espacio curvado, de curvatura positiva, como la superficie de una esfera, las líneas paralelas siempre se cortan, la suma de los ángulos interiores de un triángulo supera los 180 grados.

En el espacio curvado, de curvatura negativa, podemos dibujar un número infinito de líneas paralelas a una línea dada, la suma de los ángulos de un triángulo es inferior a 180 grados.

Riemann, yendo más allá de los límites de la geometría euclidiana, comprobó que todos estos espacios de cualquier dimensión (N−dimensiones) con curvatura arbitraria no planteaban ningún tipo de contradicción.

Para Riemann la curvatura o distorsión del espacio provoca la aparición de una fuerza, pero no obtuvo ningún resultado en la búsqueda sobre qué provoca tal curvatura. Fue Einstein quien anunció que la curvatura del espacio está determinada por la cantidad de materia y energía contenida en este. Este fue el descubrimiento del principio físico que se comprobó experimentalmente correcto. Einstein, sin embargo, estuvo tres largos años −de 1912 a 1915− buscando desesperadamente un aparato matemático suficientemente potente para explicar este principio.

Riemann murió con tuberculosis a la edad de 39 años, sin haber resuelto las ecuaciones que regían la electricidad, el magnetismo y la gravedad. Por lo que hace a esta última estaba escrito que se debía de esperar a Einstein. Einstein planteó, independientemente del programa de Riemann, la idea de una explicación geométrica del concepto de "fuerza".

Durante sesenta años, el trabajo de Riemann y su tensor métrico permanecieron ignorados por los físicos. El azar hizo que cayese en manos de Einstein la conferencia de 1854, dándose cuenta del encaje perfecto de las ideas riemannianas con su principio físico. Se ha escrito que la reinterpretación física de la conferencia de Riemann del año 1854 hoy recibe el nombre de *"relatividad general"*.

A partir de Riemann, Einstein pudo formular las famosas ecuaciones de campo de la gravedad.

La reflexión a partir de estas ecuaciones ha permitido explicar los movimientos de las estrellas y de las galaxias, los agujeros negros, el big bang y, hay quien lo intenta, el destino del Universo.

4.− SIGLO XX

4.1.− <u>HERMITE CHARLES</u>

Matemático francés nacido en Dieuze y fallecido en París.

Desarrolló un método para integrar funciones racionales de factores cuadráticos múltiples. Investigó las funciones abelianas y las elípticas, usando estas últimas para proporcionar la primera solución (1858) de la ecuación general de 5º grado, también se interesó por la teoría de las invariantes.

Su paso por la escuela no fue brillante, ni siquiera en matemáticas. Su mayor contribución fue el completar un aspecto importante de la obra de Liouville. La cuestión estaba relacionada con el concepto de los "números algebraicos", es decir, números que podían servir de solución de ecuaciones polinómicas. Estaba demostrado que cualquier número racional y muchos irracionales podían constituir soluciones de tales ecuaciones. El problema era demostrar si existían números irracionales que no pudieran ser solución de tales ecuaciones.

Hermite demostró en 1873, que el número e no podía constituir la solución de ninguna ecuación polinómica. No era un número algebraico, sino un "número trascendental".

Dio la primera demostración de la trascendencia del número e (1873).

Ecuación diferencial de Hermite: Hn´´ (x) − 2 x H´(x) + 2 n Hn (x) = 0

Entre sus obras se encuentran: Théorie des équations modulaires (1859), Cours d' analyse de l'École Polytechnique (1873), Sur quelques applications des fonctions elliptiques (1885).

4.2.− GEORG CANTOR

Georg Cantor nació el 3 de marzo de 1845. Comenzó sus estudios en Wiesbaden (Alemania) en 1860, orientándose por decisión paterna hacia la ingeniería. Posteriormente (1862) logra convencer a su padre de que su futuro está en las Matemáticas. Los primeros estudios de Cantor fueron semejantes a los de la mayor parte de los matemáticos eminentes. Su gran talento y su interés absorbente por los estudios matemáticos fueron conocidos precozmente (antes de cumplir los 15 años).

Dividió su interés entre las dos primeras. En matemáticas sus profesores fueron: Kummer, Weierstrass y su futuro enemigo Kronecker. Siguiendo las costumbres alemana, Cantor pasó breve tiempo en otra Universidad, y cursó el semestre de 1866 en Gottingen.

Con Kummer y Kronecker en Berlín, la atmósfera matemática estaba altamente cargada de Aritmética. Cantor hizo un profundo estudio de las "*Disquisitiones Arithmeticae*" de Gauss, el escribió, en el año de 1867, su disertación, aceptada para espirar al título de doctor sobre un punto difícil que Gauss había dejado a un lado respecto a la solución en números enteros x, y, z de la ecuación determinada:

ax2 + by2 + cz2 = 0

donde a, b, c, son números enteros.

Sus primeros trabajos con las series de Fourier lo condujeron al desarrollo de una teoría de los números irracionales.

El año 1874, apareció el primer trabajo revolucionario de Cantor sobre la teoría de conjuntos. El estudio de los infinitos por parte de Cantor fue considerado por Kronecker con una locura matemática. Creyendo que la matemática sería llevada al manicomio bajo la dirección de Cantor, Kronecker lo atacó vigorosamente con toda las armas que tuvo en su mano, con el trágico resultado de que no fue la teoría de conjuntos la que cayó en el manicomio, sino el propio Cantor En 1884 Cantor fue víctima de una enfermedad mental.

Cantor murió en Halle (ciudad del centro de Alemania), el 6 de enero de 1918, teniendo 73 años de edad. Ya le habían sido concedidos múltiples honores y su obra había logrado ser reconocida.

4.3.− GOTTLOB FREGE

Gottlob Frege nació en 1848 en Wismar, Filósofo y matemático alemán. Enseña matemáticas hasta cuando se jubila en la Universidad de Jena en 1914. Su primera obra sobre lógica matemática le hace merecedor del nombre de fundador de esta disciplina, uno de cuyos temas centrales es la fundamentación de la matemática.

Sus trabajos sobre matemáticas buscan fundamentar su teoría de la aritmética y la constitución de una lógica formal, a la que reduce las matemáticas. Su pensamiento ataca los enunciados de las escuelas psicológicas que pretenden sustentar la lógica y las matemáticas en las leyes empíricas de la psicología. La acogida que la obra de Frege recibió entre sus contemporáneos fue ciertamente pobre. No sólo sucedió esto entre los matemáticos −con alguno de los cuales sostuvo Frege importantes polémicas− sino también entre los filósofos. : mantuvo abundante correspondencia con la mayor parte de los filósofos y matemáticos de su época Hilbert, Husserl, Russell y Wittgenstein. A pesar de sus reticencias, Wittgenstein le confeso a Geach pocos días antes de morir

Para Frege. las cosas son objetos o bien funciones. Un objeto es, por ejemplo, una oveja o una flor, pero también lo verdadero, lo falso y el número 4. Pero «raíz cuadrada de», «más alto que» y la «implicación» son ejemplos de funciones. A los objetos les corresponde lingüísticamente un nombre (o expresión de objeto, o expresión saturada) y a las funciones, una expresión de función (o expresión no saturada). «París» es nombre, mientras que «la capital de... » es una expresión de función, no saturada. Estando a punto de publicar el segundo volumen de Leyes básicas de la aritmética, Russell le hizo observar (1902) que de sus axiomas sobre conjuntos se derivaba una contradicción: la antinomia del conjunto de conjuntos que no son miembros de sí mismos (¿es este conjunto miembro de sí mismo?). Esta circunstancia hizo que los trabajos de Frege quedaran paralizados durante algunos años y supuso el fracaso de su programa logicista, pero sus investigaciones han sido el punto de arranque de la lógica moderna.

4.4.− FELIX KLEIN

Matemático alemán, nacido en el año 1849 y fallecido en 1925. Introdujo una nueva concepción de la geometría como estudio de las propiedades de un espacio que son invariantes según un determinado grupo de transformaciones.

El estudio de las transformaciones geométricas y su relación con las matrices se debe principalmente a este matemático, que lo desarrolló en su famoso programa Erlangen (1872).

Fundador del Instituto de Matemáticas Aplicadas de Göttingen, realizó estudios sobre las funciones abelianas y la teoría de grupos.

La botella tomó su nombre de Felix Klein, quien imaginó un rectángulo en el que unía dos lados opuestos con la misma orientación, formando un cilindro, y luego juntaba el otro par de lados cambiando la orientación. El resultado: una botella de un solo lado y sin bordes. Es difícil imaginarse una botella de Klein, ya que el último paso de su construcción no es posible hacerse en nuestro mundo. Se requiere de un espacio en cuatro dimensiones porque la superficie tiene que atravesarse a sí misma sin perforarse.

4.5.− <u>LEONARDO TORRES QUEVEDO</u>

Nació en Santa Cruz de Iguña (Santander) el 28 de diciembre de 1852.

Elegido Académico el 3 de julio de 1900, tomó posesión el 19 de mayo de 1901, versando su discurso sobre *Maquinas algebraicas de calcular*.

Fue Vicepresidente de la Academia durante los años 1927 y 1928 y Presidente desde este año hasta 1934 en que renunció, siendo nombrado presidente de Honor. Falleció el 18 de Diciembre de 1936.

La Academia le concedió la cuarta Medalla Echegaray en 1916.

Leonardo Torres Quevedo es el Ingeniero español más universal y conocido fuera de nuestras fronteras. Gozó en vida de un enorme prestigio científico y técnico, gracias a sus desarrollos, que casi siempre fructificaban en patentes internacionales, en multitud de áreas, como los dirigibles y los transbordadores, siendo especialmente importante su trabajo pionero en el campo de la Automática, de la cual puede decirse que fue su introductor en nuestro país. Sus trabajos en este campo alcanzaron resonancia internacional, y son citados como precursores de la Cibernética, del Cálculo Analógico y de la Informática. Los desarrollos españoles en esta materia que siguieron a su muerte fueron llevados a cabo principalmente por discípulos suyos (algunos de ellos incluso asistieron y participaron en sesiones de las famosas "Conferencias Internacionales de Cibernética", en los años 50).

Dada la magnitud y diversidad de su obra, nos limitaremos a estudiar brevemente cada una de sus principales áreas de trabajo, dejando por comentar algunos inventos y desarrollos menores, no por ello faltos de interés.

Máquinas analógicas de cálculo

Las máquinas analógicas de cálculo buscan la solución de ecuaciones matemáticas mediante estudio de fenómenos físicos. Los números están representados por magnitudes físicas, que pueden ser rotaciones de determinados ejes, potenciales o corrientes eléctricas, etc. Un proceso matemático se transforma en estas máquinas en un proceso operativo de ciertas magnitudes físicas que conduce a un resultado físico que se corresponde con la solución matemática buscada.

Reconocimiento de su obra

Torres Quevedo alcanzó ya en vida un enorme prestigio y reconocimiento a nivel mundial, sobre todo en España y Francia. Entre sus numerosísimos méritos y distinciones, destacaremos la imposición en 1916, por Alfonso XIII, de la Medalla Echegaray creada por la Academia de Ciencias. En 1920 se produce su ingreso en la Real Academia Española de la Lengua, sucediendo a Benito Pérez Galdós. En los años siguientes a su fallecimiento, se creó un Instituto con su nombre, adscrito al CSIC. En 1953 tuvieron lugar diversos actos con motivo del centenario de su nacimiento.

Actualmente, su memoria se honra a nivel institucional mediante el Premio Nacional "Leonardo Torres Quevedo" de Investigación Técnica, concedido por el MEC a "aquel investigador español cuya obra en su conjunto constituya una contribución eminente al progreso mundial".

Sin embargo, el mejor homenaje a su obra es mantener en estado operativo la mayor parte de sus inventos y desarrollos, algunos de los cuales pueden observarse en el Colegio y en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

4.6.− JULES HENRI POINCARÉ

Henri Poincaré (1854−1912), matemático y filósofo francés. Aunque las primeras aficiones de Poincaré fueron la historia y los clásicos, a los 15 años de edad ya estaba interesado en las matemáticas; sin embargo, cuando se presentó al examen final del bachillerato de ciencias casi lo reprueban porque fracasó en la prueba escrita de matemáticas, que consistía en la suma de los términos de una progresión geométrica, campo en el que años más tarde hizo importantes contribuciones originales. Estudió ingeniería de minas y, por su parte, matemáticas, y en ambas obtuvo la licenciatura con un año de diferencia. En 1879 se doctoró en matemáticas en la Facultad de Ciencias de la Universidad de París, y después de un intervalo de seis meses, en que trabajó como ingeniero de minas, ingresó como profesor de matemáticas en la Universidad de Caen. Publicó más de 1500 artículos científicos y más de 30 monografías, dictó incontables conferencias en Europa, Rusia y América, recibió todos los honores posibles en su tiempo para los matemáticos, fue presidente de numerosos congresos internacionales, en 1906 ocupó la presidencia de la Academia de Ciencias de París y en 1908 ingresó como miembro de la Academia Francesa, en sustitución del poeta Prudhomme.

La vida familiar de Poincaré fue tranquila y feliz. Se casó una sola vez, con una bisnieta del biólogo Geoffroy−Saint−Hillaire, con la que tuvo cuatro hijos. Su familia lo apoyó en su trabajo con gran cariño y eficiencia, lo que no pocas veces fue afortunado, pues a pesar de su prodigiosa y legendaria memoria, era terriblemente distraído. Murió repentinamente, seis días después de una intervención quirúrgica poco importante, a los 58 años de edad.

4.7.− ANDREI ANDREYEVICH MARKOV

Nacido el 14 de junio de 1856, en San Peterburgo, Rusia, Fallecido el
20 de julio de 1922, en San Peterburgo, Rusia.

Se graduó como matemático en el año 1878, en la Universidad San Petersburgo, donde, a contar del año 1886, comenzó su carrera como profesor. En sus inicios laborales, focalizó su trabajo en análisis y teoría del número, fracciones continuas, límite de integrales, teoría de aproximación y la serie de convergencias.

Después del año 1900, Markov comienza a aplicar el método de fracciones continuas, iniciado por su profesor Pafnuty Chebyshev, a la teoría de las probabilidades. A su vez, estudia las secuencias de las variables mutuamente dependientes, esperando con ello establecer, de manera general, las leyes limitantes de las probabilidades. Probó el teorema del límite central bajo supuestos bastante generales.

Markov es recordado, particularmente, por su estudio de las cadenas secuenciales, que consiste en variables al azar en las cuales la variable futura es determinada por la preexistente pero independiente de la manera en que ésta se generó de sus precursores. Este trabajo lanzó la teoría de los procesos estocásticos. Markov también estuvo interesado en la poesía e hizo estudios de los distintos estilos poético

4.8.− KARL PEARSON

Nació el 27 de marzo de 1857 en Londres. Graduado por la Universidad de Cambridge en 1879. Cursó estudios de derecho poco después de su graduación, aunque dedicó la mayor parte de su vida a enseñar matemáticas aplicadas, mecánica y genética en el University College de Londres. Muy pronto se sintió interesado por la aplicación de las matemáticas al estudio de la evolución de las especies y la herencia. Su investigación colocó en gran medida las bases de la estadística del siglo XX. A Pearson se deben aportaciones tan importantes en estadística como el coeficiente de correlación lineal, la distribución o el test de Pearson para el estudio de la bondad del ajuste de una distribución empírica mediante una teórica.

En 1894, Karl Pearson analizó un gran número de resultados de una determinada ruleta no justa (con distribución no uniforme) y plantea los Métodos de Casinos. Pearsons sugirió utilizar los casinos como un laboratorio de teoría de probabilidades y realizar experimentos en ellos; esto condujo a Pearson a descubrir la prueba Chi−Cuadrada.

4.9.− DAVID HILBERT

Nació el 23 de Enero de 1862 en un pueblo cerca de Königsberg, y murió el 14 de Febrero de 1943 en Gottingen, Alemania.

Königsberg es famosa por ser la ciudad natal de Immanuel Kant, pero también es famosa por sus siete puentes y por el problema que consistía en saber si una persona podría cruzar todos los puentes una sola vez. Este problema fue resuelto por Euler, quien demostró que no era posible. Hilbert era reconocido como uno de los mejores matemáticos de su época y le ofrecieron el puesto matemático más importante de la universidad de Berlín, pero prefirió quedarse en Gotinga y convenció a las autoridades para que crearan otro puesto de profesor para su amigo Minkowski.

Es famosa la conferencia que dio en el Congreso Internacional de Matemáticas de París en 1900, de título Problemas matemáticos, en la que proponía una lista de 23 problemas que estaban sin resolver (algunos todavía lo están).

Otras dos cuestiones: ¿es la matemática completa?, es decir, ¿puede ser demostrada o refutada cualquier sentencia matemática? y ¿es la matemática consistente?, es decir, ¿es cierto que sentencias tales como 0 = 1 no pueden demostrarse por métodos válidos? En 1931, Kart Godel fue capaz de responder a estas dos preguntas, demostrando que cualquier sistema formal suficientemente potente es inconsistente o incompleto.

Hilbert trabajó sobre los invariantes algebraicos, geometría, ecuaciones integrales, análisis funcional y también se dedicó a la Física (decía que la Física es demasiado difícil para los físicos), también trabajo en los fundamentos de las matemáticas y en la lógica matemática.
En el año 1888 probó su famoso Teorema da la Base. Su publicación suscitó cierta polémica con Jordan, ya que éste estaba trabajando en el mismo tema y en principio se mostró en desacuerdo con los resultados de Hilbert, pero con el tiempo tuvo que rendirse a la evidencia incontestable de los argumentos de Hilbert.

El epitafio de Hilbert es "Wir müssen wissen, wir werden wissen" ("Debemos saber, de modo que sabremos")

4.10.− ÉMILE BOREL

Matemático francés, nacido el 7 de enero de 1871 en Saint−Affrique (Aveyron) y muerto el 4 de febrero de 1956 en París. Estudió en la Escuela Normal de París desde 1892 a 1897. Fue profesor de la Universidad de Lille, pasando de ésta a París en cuya Facultad de Ciencias fue profesor de Cálculo de probabilidades.

Los trabajos de Borel se centran en el campo de la Teoría de funciones y en el de la Estadística, especialmente en el de sus aplicaciones a la Física. Discípulo de Camille Jordan, la tesis doctoral de Borel versa sobre Teoría de funciones. La obra de Borel, junto con la de Baire, Poincaré y Lebesgue, abrió una nueva era en el estudio de las funciones de una variable real. Cantor probó que todo abierto U de la recta real es unión de intervalos abiertos disjuntos. Borel, apoyándose en este resultado, define la medida de un abierto acotado U como la suma de las longitudes de sus componentes (Ios intervalos abiertos disjuntos cuya unión es el abierto dado). Además, caracteriza los conjuntos que se pueden obtener a partir de abiertos por medio de las operaciones unión numerable y diferencia, comprobando que para ellos se puede definir una medida completamente aditiva (es decir, dado un conjunto de conjuntos de este tipo, disjuntos dos a dos, su medida es la suma de las medidas de sus componentes). Estos conjuntos reciben hoy día el nombre de borelianos en honor a su creador y han servido de base para la medida exterior definida por Lebesgue para la construcción de la integral que lleva su nombre.

Otros temas de trabajo de Borel, en los que ha obtenido también brillantes resultados, son las funciones enteras, las funciones meromorfas y las series divergentes. Llegó a ser ministro de Marina de Francia antes de ser detenido en 1940 por el régimen de Vichy.

4.11.− HENRI LEBESGUE

Henri Lebesgue nació el 28 de junio de 1875 en Beauvais, Oise, Picardie, Francia. Estudió en la Ecole Normale Supérieure y en el periodo 1899 − 1902 impartió clases en el Liceo de Nancy. Con base en el trabajo de otros matemáticos, entre ellos Emile Borel y Camille Jordan, Lebesgue formuló la teoría de la medida en 1901. En 1902, este brillante joven francés terminó su tesis doctoral, titulada *Integral, Length, y Area*. Ésta abría la puerta a la teoría moderna de la integración en una y en n dimensiones, una teoría que todos los matemáticos profesionales encuentran en su programa de graduación.

La integral de Lebesgue generaliza la noción de la integral de Reimann al extender el concepto de área bajo una curva para incluir funciones discontinuas. Este es uno de los logros del análisis moderno que expande el alcance del análisis de Fourier. Lebesgue dio a conocer este desarrollo en su disertación Intégrale, longueur, aire presentada en la Universidad de Nancy en 1902. Además de aproximadamente 50 artículos, escribió dos libros: *Leçons sur l'intégration et la recherché des fonctions primitives* (1904) y *Leçons sur les séries trigonométriques* (1906). A su vez, contribuyó en otras áreas de matemáticas como topología, teoría del potencial y análisis de Fourier. En 1905 presentó una discusión sobre las condiciones que Lipschitz y Jordan habían utilizado para asegurar que f(x) es la suma de su serie de Fourier. En 1910 recibió una cátedra en la Sorbonne, pero no se concentró en el área de estudio que él había iniciado. Lo que se debió a que su trabajo era una generalización, (en su tesis de 1902 fue capaz de dar condiciones simples que permitieran que las integrales múltiples se escribiesen como integrales iteradas)mientras que Lebesgue era temeroso de las mismas. En sus palabras:

Reducida a teorías generales, las matemáticas serían una forma hermosa sin contenido. Morirían rápidamente.

A pesar de que desarrollos posteriores demostraron que su temor no tenía fundamentos, éste nos permite entender el curso que siguió su trabajo. Murió el 26 de julio de 1941, en París.

4.12.− <u>JOHN VON NEUMANN</u>

John von Neumann es un matemático húngaro considerado por muchos como la mente más genial del siglo XX, comparable sólo a la de Albert Einstein. A pesar de ser completamente desconocido para el "hombre de la calle", la trascendencia práctica de su actividad científica puede vislumbrarse al considerar que participó activamente en el Proyecto Manhattan, el grupo de científicos que creó la primera bomba atómica, que participó y dirigió la producción y puesta a punto de los primeros ordenadores o que, como científico asesor del Consejo de Seguridad de los Estados Unidos en los años cincuenta, tuvo un papel muy destacado (aunque secreto y no muy bien conocido) en el diseño de la estrategia de la guerra fría.

Nació en Budapest,Hungría, hijo de un rico banquero judío. Tuvo una educación esmerada. Se doctoró en matemáticas por la Universidad de Budapest y en químicas por la Universidad de Zurich. En 1927 empezó a trabajar en la Universidad de Berlín. En 1932 se traslada a los Estados Unidos donde trabajará en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton.

Sus aportaciones a la ciencia económica se centran en dos campos:

− Es el creador del campo de la Teoría de Juegos. En 1928 publica el primer artículo sobre este tema. En 1944, en colaboración con Oskar Morgenstern, publica la *Theory of Games and Economic Behavior*. La teoría de juegos es un campo en el que trabajan actualmente miles de economistas y se publican a diario cientos de páginas. Pero además, las formulaciones matemáticas descritas en este libro han influido en muchos otros campos de la economía.

− En 1937 publica *A Model of General Economic Equilibrium"*. En él relaciona el tipo de interés con el crecimiento económico dando base a los desarrollos sobre el "crecimiento óptimo" llevado a cabo por Maurice Allais, Tjalling C. Koopmans y otros.

4.13.− RONALD AYLMER FISHER

Nació el 13 de febrero de 1890 en Londres y murió en Adelaida (Australia) el 29 de julio de 1962.

Ronald Fisher se graduó en astronomía en 1912 por la Universidad de Cambridge. Su interés por la teoría de errores en observaciones astronómicas fue lo que le llevó a investigar problemas estadísticos.

Después de rechazar una oferta como profesor de matemáticas ingresa, en 1919, en el Rothamsted Agricultural Experimental Station, donde trabajó como biólogo haciendo importantes aportaciones a la genética y a la estadística. Allí estudió el diseño de experimentos, introduciendo el concepto de aleatorización y el análisis de la varianza, técnicas utilizadas hoy en día en todo el mundo.

Fisher fue el que introdujo la técnica de estimación por máxima verosimilitud y también fue autor de numerosos métodos adecuados para muestras de tamaño pequeño y para contraste de hipótesis. Por todas sus importantes contribuciones Fisher es considerado uno de los fundadores de la estadística moderna.

Una famosa frase suya, pronunciada en el Congreso de Estadística de la India en 1983, fue: llamar al estadístico cuando ya se hizo el experimento es tanto como pedirle que haga un examen postmortem: tan solo podrá decirnos de qué murió el experimento.

4.14.− PEDRO PUIG ADAM

Nació en Barcelona el 12 de mayo de 1900. Cursó la enseñanza media en su ciudad natal en el Instituto masculino de Barcelona e inició después los estudios de Ingeniería Industrial, simultaneándolos con los de Ciencias Exactas. Allí fue alumno de Antonio Torroja.

Se trasladó a Madrid para hacer el Doctorado en Matemáticas. En 1921 lee su tesis doctoral titulada: **"Resolución de algunos problemas elementales de Mecánica relativista restringida"** obteniendo premio extraordinario. Trabajó después como profesor auxiliar de Geometría y como profesor del I.C.A.I..

En 1926 obtiene la Cátedra de matemáticas del Instituto San Isidro de Madrid que ocuparía hasta 1960, el año de su muerte. De entonces arranca su vocación por la didáctica, que alterna con la investigación. En este Instituto fue profesor de destacadas figuras de la vida política y cultural española, entre otros D. Juan de Borbón y de su hijo D. Juan Carlos.

En 1931 terminó la carrera de Ingeniero Industrial y tres años más tarde comienza a trabajar como profesor de dicha Escuela, obteniendo la cátedra de Extensión de Cálculo en 1946. Fue también profesor de cálculo de la Escuela Superior de Aerotécnica, y encargado de la cátedra de metodología y didáctica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central y asesor de la enseñanza de la Matemática del Profesorado de Institutos Laborales.

Además de insigne matemático, fue un notable pintor, músico y poeta.

Murió en Madrid el 12 de enero 1960, siendo sepultado en la Sacramental de San Isidro.

4.15.− WERNER HEISENBERG

Físico alemán nacido en 1901, profesor de física teórica en Leipzig, autos de notables obras sobre la mecánica de los cuantos. Descubrió el principio llamado de la relación de indeterminación sobre la medida de la posición y velocidad de los cuerpos atómicos. En 1933 obtuvo el premio Nobel de Física. En 1942 fue llamado a dirigir el Káiser − Wilhelm − Institut de Berlín.

Werner Heisenberg es recordado hoy en día como uno de los creadores de la mecánica cuántica y, por tanto, como uno de los creadores de la física moderna. Como autor del principio de incertidumbre, el nombre de Heisenberg está asociado a uno de los conceptos más cruciales de la nueva física, el concepto de medida. En una conferencia fechada en 1969 Heisenberg resumía: *"La descripción objetiva plena de la naturaleza en el sentido newtoniano, conforme a la cual se atribuyen determinados valores a las fuerzas determinantes del sistema, como lugar, velocidad, energía, tuvo que ser abandonada y sustituida por la descripción de las situaciones de observación, en las que sólo pueden darse probabilidades para ciertos resultados".*

Heisenberg es recordado también por sus trabajos en física nuclear y de partículas. Efectivamente, después de la guerra, reanudó sus estudios sobre la física de partículas elementales. En 1932 había publicado ya un primer artículo acerca del modelo del núcleo atómico compuesto por protones y neutrones −los nucleones y la simetría de isospín. No obstante, los avances experimentales en el estudio de los componentes del núcleo que llevaron al descubrimiento e identificación de centenares de partículas elementales, plantearon un escenario que sobrepasó sus intentos de realizar una teoría unificada de la física de partículas.

El nombre de Heisenberg, por otra parte, está asociado también al del proyecto atómico alemán y mantiene abierta una polémica entorno a las implicaciones sociales y políticas del trabajo científico.

5.− SIGLO XXI

5.1.− BENOÎT B. MANDELBROT

Matemático polaco, nacionalizado francés, que desarrolló la geometría fractal como campo independiente de las matemáticas. Nació en Varsovia y estudió en universidades de Francia y de Estados Unidos, obteniendo el doctorado en matemáticas en la Universidad de París en 1952. Ha enseñado economía en la Universidad de Harvard, ingeniería en Yale, fisiología en el Colegio Albert Einstein de Medicina, y matemáticas en París y Ginebra. Desde 1958 ha trabajado como miembro de IBM en el Centro de Investigaciones Thomas B. Watson en Nueva York. La geometría fractal se distingue por una aproximación más abstracta a la dimensión de la que caracteriza a la geometría convencional. Cada vez tiene más aplicaciones en diferentes áreas de la ciencia y de la tecnología.

6.− MUJERES DE CIENCIA MÁS DESTACADAS DEL S. XX

La norteamericana **Fanya Montalvo**, en su día fue la única chica matriculada en la carrera de Ciencias Físicas en Chicago. Su especialidad, Psicología Matemática, que le permitía estudiar el comportamiento humano a partir de una base matemática: Posteriormente, realizó investigaciones en el terreno de la inteligencia artificial.

Una de sus últimas aportaciones es un trabajo titulado *Informática emocional*, dirigido a dar apoyo profesional a un área tan vinculada a sentimientos y emociones como la psicoterapia. Otra figura fundamental es **Evelyn Boyd Granville**. Y su mérito es doble, porque no sólo destacó en un campo de tan difícil acceso a las mujeres como la ciencia, sino que se encontró el obstáculo de ser negra y e clase social baja.

Ella y una compatriota suya, **Marjorie Lee Browne** (1914−1977), fueron las primeras féminas de raza negra en obtener el doctorado en matemáticas en Estados Unidos. Browne, estudió la teoría de grupos. Boyd, aún viva aunque retirada, trabajó en la NASA o en IBM realizando programación para cálculo de órbitas o análisis numérico digital.

Emmy Noether, matemática alemana, es conocida por su contribución al álgebra abstracta. Y, a pesar de haber estudiado alemán, inglés, francés, piano, sus pasos los encaminó hacia el estudio de la matemática, en la cuál poseía algunos conocimientos aritméticos.

Se dice que ha sido la matemática más grande de la historia de las matemáticas. Tuvo que vencer muchas dificultades para estudiar matemáticas, porque en ese tiempo a las mujeres no se les permitía estudiar, oficialmente, en las universidades alemanas. En 1904, Emmy Noether se matriculó en Erlanger y en 1907 obtuvo el doctorado por su trabajo *"Sistemas completos de Invariantes para formas ternarias bicuadráticas"*. Entre los años 1908 y 1915, Noether trabaja en el Instituto de Matemáticas de Erlangen, pero sin remuneraciones ni nombramiento oficial. Durante ese tiempo, ella colabora con el matemático algebrista Ernst Otto Fischer, y comienza sus trabajos en álgebra teórica, por los cuales será reconocida más tarde. Durante los años de 1920 Nother realiza sus estudios fundamentales sobre álgebra abstracta, trabajando en la teoría de grupo, en la teoría de anillos, grupos representativos, y teoría de número. Sus progresos en el desarrollo de las matemáticas resultaron de gran utilidad para los físicos y cristalógrafos y, también polémicos. Entonces se debatía con mucha fuerza si las matemáticas deberían ser conceptuales y abstractas (intuicionista) o de mayor base física y precisión aplicada (constructivismo). Los conceptos algebraicos que Emmy desarrolló conducían a un grupo de principios que unificaban álgebra, geometría, álgebra lineal, topología, y lógica.

El teorema que lleva su nombre, teorema de Noether, es empleado en mecánica y teoría de campos. Pertenece al cálculo diferencial y pasó inadvertido en su momento. Actualmente goza de enorme prestigio entre los físicos de partículas. Este teorema basa en las propiedades de invariancia de las leyes del lagrangiano de un sistema, bajo la acción de ciertas transformaciones llamadas simetrías, las leyes de conservación a las que obedece dicho sistema, leyes de conservación llamadas también "principios" porque rigen en todas las leyes de la naturaleza; con él, funda los principios de conservación en la invariancia formal de las leyes de la física. El teorema de Noether presenta una correspondencia: para toda simetría continua (por ejemplo, una rotación espacial) del lagrangiano del sistema, hay una magnitud conservada a lo largo de la evolución del mismo. Las conclusiones más interesantes se obtienen en el caso de las transformaciones euclídeas (como las espaciales), esto es, en aquellos casos en que la transformación no deforma los objetos. En estos casos simples, el teorema de Noether conduce a los siguientes resultados.

1. Cuando un lagrangiano es invariante simétrico, por traslación temporal, su expresión formal no cambia al variar la variable tiempo, con lo que la energía total de sistema se conserva durante el movimiento.

2. Si es invariante el sistema por traslación espacial, la magnitud conservada es el impulso.

3. Cuando es invariante por rotación, se conserva el momento cinético.

Acabada la primera Guerra Mundial, las cosas cambiaron un tanto. Superada en 1919 la última prueba para conseguir su Habílitation, pudo dar clases en la Universidad y recibir parte del dinero que pagaban sus estudiantes. En 1933, con la llegada de los nazis al poder, el ser judía además de mujer complicó aún más su situación. En octubre de 1934, se exilió a Estados Unidos. A partir de 1934 empezó a dar clases semanales en el Institut for Advanced Study de Princeton, no lejos del Bryn Mawr College, donde se le renovó de nuevo su contrato académico por un año. La suerte sin embargo, no la acompañó. El 14 de abril de 1935 moría Emmy Noether en el Bryn Mawr Hospital como consecuencia de una operación que no parecía excesivamente peligrosa.

BIBLIOGRAFIA

* ENCICLOPEDIA LA FUENTE, ED. RAMÓN SOPENA, S.A.

* NUEVO DICCIONARIO ENCICLOPEDICO UNIVERSAL CLUB INTERNACIONAL DEL LIBRO

* GRAN ENCICLOPEDIA RIALP, ED. RIALP.

* ENCARTA 2000

* LAROUSSE 2000

* PÁGINAS WEBS:

− WWW. FUENTE REBOLLO.COM

− WWW.GOOGLE.COM