



EDITORIAL

AH, ¿PERO EL UNIVERSO ES PLANO?

Por: CAYETANO LÓPEZ MARTÍNEZ

Universidad Autónoma de Madrid

[Documento en línea]

Publicado en *casanchi.com* el 5 de Junio de 2000

¿Cuál es el origen, etimológicamente hablando, de la palabra Matemáticas? Según leemos en la red (Diccionario de Locuciones y Frases Llatines, etimologias.dechile.net/?matematica) procede del verbo griego "máthano", que significa aprender, pensar, aplicar el espíritu. A partir de ahí se forma el sustantivo "máthema", que significa conocimiento, y de éste el adjetivo "mathematikós". En el latín se adoptó la forma "mathematicus". El significado de la palabra matemáticas sería entonces aquello que se piensa y se aprende, y el matemático es aquel que piensa, que aprende, que aplica el espíritu. El hecho que sea frecuente utilizar este término en plural es porque en latín "mathematica" es un sustantivo plural. También se ha dicho que se prefiere el término en plural porque abarca a una serie de disciplinas, como son la geometría, el álgebra, el análisis, la topología, la estadística, etc. Platón consideraba que nadie podía considerarse educado si no tenía conocimientos de matemáticas.

También se tiene que Matemática viene del griego "mathema" que quiere decir "estudio de un tema" o a lo que ahora nos referimos como "ciencias". La palabra "tema" también viene del griego (thema) y significa "asunto o materia principal". "Matemática" era el nombre de las cuatro ciencias enseñadas por Platón y Pitágoras: aritmética, geometría, música y astronomía. En la edad media, las universidades llamaron a estas materias "quadrivium" y las consideraban superiores a las "triviales", las tres materias de artes liberales: gramática, retórica y dialéctica. La música se incluía porque era sinónimo de orden y saber música proporcionaba equilibrio físico y mental lo que se reflejaba en buena salud general ("Mens sana in corpore sano": Juvenal).

Al parecer, el Universo es plano. Tal es la sensacional noticia que han dado los medios de comunicación en las pasadas semanas. Es posible que a algunos les haya venido a la mente el debate acerca de si la Tierra es plana o no, un problema cuya solución estaba ya clara para los filósofos de la Grecia clásica y que parece definitivamente zanjado hasta para el más escéptico. La Tierra es redonda, y cualquier pretensión de "planitud" sería tenida en nuestros días por delirio irresponsable o por deseo de llamar la atención. Muchos han pensado, sin embargo, que lo que los científicos dicen haber descubierto es que el Universo está como aplastado y ofrece a un hipotético observador externo una imagen parecida a la de una hoja de papel, un disco o una tabla, objetos planos comunes en la vida cotidiana. Pero si los científicos hubieran descubierto tal cosa no habría que tomarles demasiado en serio porque la experiencia personal, directa y a través de las imágenes de la exploración espacial, no parece compatible con un mundo sin espesor sobre el que tendríamos que reptar para desplazarnos de un sitio a otro.

El problema, creo, está en el término "plano", que es el que han utilizado los científicos, pero que no quiere decir, en este contexto, exactamente lo mismo que en el lenguaje ordinario. Y me temo que muchos de los que han transmitido la noticia, o se refieren a ella en los medios, tampoco acaban de verla muy clara y se limitan a mencionar titulares y textos literalmente, con exquisito cuidado en no interpretar demasiado ni elaborar sobre lo que el dichoso adjetivo pudiera significar.

Una superficie, que es un mundo en dos dimensiones, puede ser plana, como una hoja de papel infinitamente grande, sin bordes, o puede ser curva, como una esfera, que tampoco tiene bordes, pero tiene un área finita. Para nosotros, que vivimos en un espacio de tres dimensiones, es evidente la diferencia entre una y otra, pero cabe preguntarse si a esa conclusión podrán llegar tan fácilmente los hipotéticos organismos, aplastados como lenguados, que habitaran en la superficie y no pudieran tener noticia del mundo tridimensional en el que están embebidos. Pues bien, la respuesta es afirmativa. Los seres bidimensionales podrían decidir si su Universo es plano o curvo en base a experimentos hechos sin salir de él. Les bastaría comprobar si se cumplen los postulados de la geometría de Euclides o sus consecuencias. Así, podrían trazar líneas rectas, que serían las de menor longitud entre dos puntos contenidas en su mundo, y ver si las paralelas se cortan alguna vez o no se encuentran nunca; o si la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos ángulos rectos, por ejemplo. Es evidente que los habitantes del plano encontrarán que su mundo se ajusta exactamente a la geometría de Euclides, pero los habitantes de la superficie esférica llegarán a una conclusión diferente. Dos líneas "rectas" inicialmente paralelas se encontrarán tarde o temprano en un punto, siendo ese punto uno de los polos en el caso de los meridianos terrestres. Su geometría no es la de Euclides y así podrían saber, sin ayuda de ningún ser externo, que el espacio en el que viven es curvo. La desviación de la geometría plana será tanto mayor cuanto más grandes sean las dimensiones de las figuras que tracen en comparación con el radio de la esfera, que es el parámetro que especifica su grado de curvatura. Así, las líneas trazadas sobre la superficie terrestre parecen ajustarse exactamente a la geometría "plana" si su longitud es mucho menor que el radio de la Tierra, que es lo que sucede en la mayoría de las actividades humanas que requieren medir distancias y lo que sirvió de inspiración a los geómetras griegos.

REFLEXIONES

"Enseñar no es una función vital, porque no tiene el fin en sí misma; la función vital es aprender."

Aristóteles

Prof. Julio Natera

Jefe del Departamento de Matemática

Prof. Rafael Ascanio H.

Jefe de la Cátedra de Cálculo

Prof. Próspero González M.

Adjunto al Jefe de Cátedra

Coordinadores publicación de HOMOTECIA:

Prof. Rafael Ascanio H.
Prof. Próspero González M.

Colaboradores de HOMOTECIA

Br. Adabel Disilvestre
Br. Key L. Rodríguez
Br. Domingo Urbáez
Br. Daniel Leal L.
Br. Adrián Olivo
Br. Luís Velásquez
Br. Salvador Martínez
Br. Luís Orozco
Br. Eduard Chaviel
Br. Luís Medina

(Continúa en la siguiente página)

(Viene de la página anterior)

En el mundo en tres dimensiones en el que vivimos, es posible definir la curvatura de una forma análoga al caso de las superficies, sólo que ya no nos resulta intuitiva. La razón es que nosotros somos seres también con tres dimensiones y vivimos dentro de este espacio. No podemos saltar a una cuarta dimensión y contemplar "desde fuera" nuestro mundo como contemplamos una superficie en el nuestro. Así que tenemos que recurrir a experimentos internos para saber cuál es la geometría del Universo. Un experimento hipotético sería lanzar dos rayos de luz paralelos, que se mueven según "rectas" en el espacio, y comprobar si se encuentran alguna vez o permanecen paralelos indefinidamente. Sabemos que los rayos de luz se curvan en las cercanías de una masa, por ejemplo, cuando pasan cerca de una estrella, así que para determinar la geometría global del espacio tendríamos que descontar esas desviaciones locales. Si los rayos de luz siguen indefinidamente paralelos, la geometría del Universo es euclídea o plana. En este contexto, el término "plano" no se refiere a las características de una superficie, como ocurre en el lenguaje coloquial, sino a las propiedades geométricas de un espacio en tres dimensiones. Quizá el maestro Lázaro Carreter podría apuntarnos con uno de sus dardos y sugerir algún término que significara lo mismo, pudiera usarse coloquialmente y no moviera a confusión.

Einstein demostró en 1915, en su teoría de la Relatividad General, que la geometría está íntimamente relacionada con la cantidad de masa y energía presente en el Universo. Y estaba convencido, además, de que no era plano, sino que tenía que curvarse, como una superficie esférica se curva en dos dimensiones, porque era lo único compatible con un Universo con masa y energía en su interior y estático, es decir con propiedades globales constantes en el tiempo, en el que creía firmemente. Pero en 1929, Edwin Hubble descubrió que el Universo está en expansión, de forma que las ecuaciones de Einstein eran compatibles ya con cualquier geometría, dependiendo de la relación existente entre la velocidad de expansión y la densidad de masa y energía.

Durante decenios se ha intentado medir los parámetros cosmológicos que determinan la geometría del espacio sin llegar a una solución definitiva. Hay teorías, todavía no confirmadas, como la inflación cósmica que pudo tener lugar en los primeros instantes tras el Big Bang, que favorecen la solución de un Universo plano, con geometría euclídea salvo perturbaciones locales; pero no dejan de ser teorías. Lo importante es lo que dicen los datos. Con la reciente puesta en funcionamiento de instrumentos de observación muy potentes, entre ellos el telescopio espacial Hubble, se ha podido medir la densidad global de materia y energía, incluyendo eso que llamamos materia oscura, que no es más que materia que no vemos porque no emite ni refleja luz con intensidad suficiente para que sea detectada, pero que se manifiesta a través de su interacción gravitatoria con materia que sí vemos. Y el resultado es que, combinando las mediciones sobre la materia existente y la velocidad de expansión, la curvatura tendría que ser distinta de cero.

Nuestro Universo sería, pues, curvo, se expandiría indefinidamente y dos rayos de luz inicialmente paralelos divergirían. Pero hace dos años se detectó un efecto extraordinario: contra todas las expectativas, la expansión cósmica parece acelerarse en lugar de frenarse, como sería natural debido a la atracción gravitatoria de la materia presente en el Universo. Este dato parece derivarse de una propiedad básica del espacio cuyos efectos se manifiestan a través de un término, llamado constante cosmológica, introducido por Einstein para poder describir con sus ecuaciones el Universo estático en el que creía, pero desechado después, por innecesario, al descubrirse que estaba en expansión. Si se tiene en cuenta de nuevo la constante cosmológica, sugerida por la aceleración con que se alejan unas galaxias de otras, y se incorporan todos los datos experimentales disponibles, entonces la curvatura del espacio resulta ser compatible con cero, es decir, con la "planitud". Esa misteriosa energía contenida en el espacio vacío y representada por la constante cosmológica se añade a la materia y energía "ordinarias" para compensar, con bastante exactitud, el efecto de la expansión sobre la geometría.

Las observaciones más recientes, que están en la raíz de las noticias de los periódicos, han sido realizadas con ayuda de globos aerostáticos que suben telescopios a la alta atmósfera para aumentar su precisión. En el primero de los experimentos, llamado Boomerang, el globo transportó a unos 40 kilómetros de altura sobre la Antártida un telescopio sensible a las microondas, que es radiación electromagnética menos energética que la luz visible. El motivo de esta elección es que la componente principal de la radiación cosmológica de fondo que baña todo el Universo, y que es una reliquia de los primeros tiempos tras el Big Bang, se sitúa en el rango de frecuencias de las microondas. Ahora bien, en los detalles de esa radiación fósil está impresa la historia temprana y las propiedades más básicas del Universo, y los resultados de la observación parecen confirmar los modelos que implican una geometría del Universo euclídea.

Nadie tema, pues, verse obligado a elegir entre la idea de que los científicos han enloquecido repentinamente y afirman cosas a todas luces inciertas, o bien que llevan razón y estamos abocados a la incomodidad de vivir sobre una superficie plana sin poder elevarnos ni elevar la vista sobre ellas. Nuestro universo es plano, sí, pero notablemente ancho en las tres dimensiones del espacio.

TRABAJANDO EN CÁLCULO

Por: Prof. Rafael Ascanio H.
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA – FACE – UC

APLICACIONES DE LA DERIVADA.-

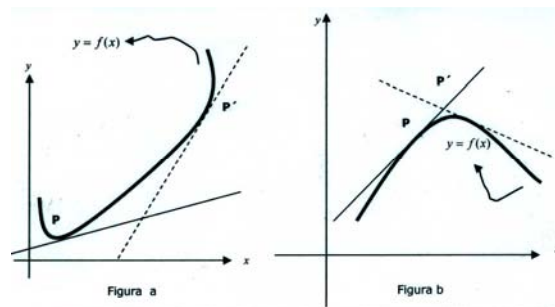
Sentido de la concavidad de una curva.-

Cuando la tangente de un punto cualquiera de una curva queda debajo de ella, el arco es cóncavo hacia arriba (Figura a). Si dicha tangente queda sobre la curva, el arco es cóncavo hacia abajo (Figura b).

En la figura a, la pendiente de la tangente aumenta cuando P tiende a P' ; por lo que $f'(x)$ es una función creciente y su derivada, $f''(x)$ es positiva. En la figura b ocurre todo lo contrario, por lo que $f''(x)$ es negativa.

Esto permite establecer el siguiente criterio:

- Si $f''(x)$ es positiva, la curva es cóncava hacia arriba
- Si $f''(x)$ es negativa, la curva es cóncava hacia abajo.



Ejemplos.-

1) Estudiar la concavidad de la curva $y = 2x^3 - 3x^2 + 3$ en $x_1 = 1$ y $x_2 = -1$.

Solución:

Obtengamos la primera y segunda derivada:

$$\begin{aligned} y &= 2x^3 - 3x^2 + 3 \\ y' &= 6x^2 - 6x \\ y'' &= 12x \end{aligned}$$

Evaluemos la segunda derivada para los valores dados:

$$\begin{aligned} y'' &= 12x \\ f''(1) &= 12 \cdot 1 = 12 > 0 \quad \text{Es cóncava hacia arriba.} \\ f''(-1) &= 12 \cdot (-1) = -12 < 0 \quad \text{Es cóncava hacia abajo.} \end{aligned}$$

2) Hallar los intervalos de concavidad de la curva $f(x) = 2x^3 - 3x$.

Solución:

Obtengamos la primera y segunda derivada:

$$\begin{aligned} f(x) &= 2x^3 - 3x \\ f'(x) &= 6x^2 - 3 \\ f''(x) &= 12x \end{aligned}$$

Estudiemos la segunda derivada:

Si $x > 0$ entonces $f''(x) > 0$; luego la curva es cóncava hacia arriba cuando $x \in (0, +\infty)$.
Si $x < 0$ entonces $f''(x) < 0$; luego la curva es cóncava hacia abajo cuando $x \in (-\infty, 0)$.

(Viene de la página anterior)

3) Hallar los intervalos de concavidad de la curva $f(x) = -2x^2 + 3x + 3$.

Solución:

Obtenemos la primera y segunda derivada:

$$f(x) = -2x^2 + 3x + 3$$

$$f'(x) = -4x + 3$$

$$f''(x) = -4$$

Como f'' siempre es negativa para cualquier $x \in \mathbb{R}$, entonces la curva siempre es cóncava hacia abajo.

4) Determina la concavidad de la curva $y = x^4 - 4x^3 + 2x^2 - 1$ en $x_1 = -2$ y $x_2 = 1$.

Solución:

Obtenemos la primera y segunda derivada; luego evaluamos la segunda derivada para estos valores:

$$y = x^4 - 4x^3 + 2x^2 - 1$$

$$y' = 4x^3 - 12x^2 + 4x$$

$$y'' = 12x^2 - 24x + 4$$

Evaluando a y'' :

$$f''(-2) = 12 \cdot (-2)^2 - 24 \cdot (-2) + 4 = 100 > 0 \quad \text{Es cóncava hacia arriba.}$$

$$f''(1) = 12 \cdot 1^2 - 24 \cdot 1 + 4 = -8 < 0 \quad \text{Es cóncava hacia abajo.}$$

5) Calcula en qué intervalos la función $y = 2x^3 - 3x^2 + 6x + 1$ **es cóncava hacia arriba o hacia abajo.**

Solución:

Obtenemos la primera y segunda derivada:

$$y = 2x^3 - 3x^2 + 6x + 1$$

$$y' = 6x^2 - 6x + 6$$

$$y'' = 12x - 6$$

Igualemos la segunda derivada a cero. Vamos a obtener una sola raíz ya que es un polinomio de grado uno:

$$y'' = 12x - 6 = 0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}.$$

Evaluemos la segunda derivada para valores mayores y menores a la raíz. Escojamos $x = 0$ y $x = 1$:

$$f''(0) = 12 \cdot 0 - 6 = -6 < 0$$

$$f''(1) = 12 \cdot 1 - 6 = 6 > 0$$

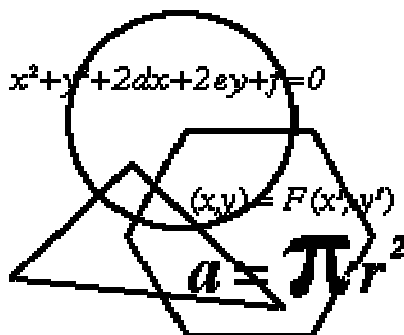
Por los resultados obtenidos, se debe concluir que la función es cóncava hacia abajo para todo valor a la izquierda de $x = \frac{1}{2}$, y es cóncava hacia arriba para todo valor a la derecha de $x = \frac{1}{2}$.

Además, queda determinado que $x = \frac{1}{2}$ es la abscisa de un punto crítico para la curva de la función ya que en el mismo esta cambia de concavidad.

RAH.

Índice Cronológico de la Matemática (Parte XV)
LA CRONOLOGÍA ENTRE 1760 DC Y 1780 DC

- 1761:** *Lambert* demuestra que π es irracional. Publica su resultado más general en 1768.
- 1763:** *Monge* inicia el estudio de la geometría descriptiva.
- 1764:** *Bayes* publica “*Un Ensayo Para Resolver un Problema en la Doctrina de Oportunidades*” que da la teoría de Bayes de la probabilidad. El trabajo contiene el importante “Teorema de Bayes”.
- 1765:** *Euler* publica “*Teoría del Movimientos de los Cuerpos Rígidos*”, presentando así, las bases de la mecánica analítica.
- 1766:** *Lambert* escribe “*Teoría del Paralelismo*” que es un estudio del postulado de la paralela de Euclides. Asumiendo que el postulado de la paralela es falso, logra deducir un gran número de resultados sobre geometría no-euclidiana.
- 1767:** *D'Alembert* denomina a los problemas de la geometría elemental que surgen al fallar las demostraciones para probar que el postulado de la paralela es falso, “el escándalo de la geometría elemental”.
- 1768:** *Lambert* publica su resultado que demuestra que π es un número irracional.
- 1769:** *Euler* publica el primero de los tres volúmenes de su trabajo sobre Dióptrica.
- 1769:** *Euler* presenta la Conjetura de Euler, donde expone que es imposible conseguir tres de cuatro fuerzas cuya suma es una cuarta fuerza, cuatro de cinco fuerzas cuya suma es una quinta fuerza, y semejantemente para un mayor número de fuerzas.
- 1770:** *Lagrange* demuestra que cualquier entero puede escribirse como la suma de cuatro cuadrados.
- 1770:** *Lagrange* publica “*Reflexiones sobre la resolución de Ecuaciones Algebraicas*”, que viene a ser una investigación fundamental sobre el por qué las ecuaciones de grado mayores a cuatro se pueden resolver por radicales. Este papel de trabajo es el primero en considerar que las raíces de una ecuación como cantidades abstractas más que como números. Él estudia permutaciones de las raíces y este trabajo conduce a la Teoría de Grupo.
- 1770:** *Euler* publica su texto sobre *Álgebra*.
- 1771:** *Lagrange* demuestra el Teorema de Wilson (el primero en hacerlo sin utilizar la prueba de *Waring*) que plantea que n es un número primo si y solo si $(n-1)! + 1$ es divisible por n .
- 1774:** *Buffon* utiliza un enfoque matemático y científico para calcular que la edad de La Tierra está alrededor de los 75000 años.
- 1777:** *Euler* introduce el símbolo i para representar la raíz cuadrada de -1 , en un manuscrito el cual no aparecería impreso sino hasta el año 1794.
- 1777:** *Buffon* lleva a cabo su experimento de probabilidad para calcular a π , tirando ramitas por encima de su hombro hacia el suelo y contando el número de veces que las ramitas caen en las líneas entre los azulejos.
- 1779:** *Bézout* publica “*Teoría general de las ecuaciones algebraicas*”, que trata sobre teoría de ecuaciones. El trabajo incluye un resultado que ahora se conoce con el nombre de “*Teorema de Bézout*”.
- 1780:** *Lagrange* gana el gran Premio de la Academia de Ciencias de París por su trabajo sobre las perturbaciones sobre las órbitas de las cometas causadas por los planetas.



MATEMÁTICOS DE NUESTRO TIEMPO (7)

La matemática actual tiene abiertos fecundos campos de un gran interés. Los grandes matemáticos de la segunda mitad del siglo XX y hasta nuestros días intentan el desarrollo de una matemática acorde con el tiempo en que vivimos, capaz de afrontar el reto que representa la tendencia social tanto como el progreso de las necesidades computacionales de las nuevas ingenierías o el avance vertiginoso de algunas disciplinas como la Astrofísica y la Computación Teórica.

Mostramos aquí algunas referencias a su trabajo, utilizando diversas fuentes de datos, entre las que podemos destacar, por su excelente documentación, la base de datos de la Universidad de San Andrés, Escocia.

Es una somera indicación del quehacer en la disciplina de matemáticos de extraordinaria calidad, algunos de ellos prematuramente fallecidos, que nacieron en los últimos años de la década de los 40 del siglo pasado, en plena devastación, terminada ya la Segunda Guerra Mundial.



Rufus Bowen

(23/02/1947, Vallejo, California, USA - 30/07/1978, Santa Rosa, California, USA)

Dinámica de sistemas, Invariantes en sistemas dinámicos.

A los 17 años publicó su primer trabajo, y cuando tenía 21 había publicado ya 5 artículos de gran valor científico.

Se doctoró en 1970 en la Universidad de Berkeley con una tesis en la que desarrolla los trabajos de H. Poincaré y Gibbs sobre dinámica de sistemas. Fue dirigido por el profesor Stephen Smale. Sus publicaciones en los años 1974 y 1975 son de una gran calidad.

Murió prematuramente en 1978.



Alain Connes

(01/04/1947, Draguignan, Var, Francia)

Algebras de operadores, Algebras de Von Neumann, Topología algebraica.

Nada más graduarse, en 1970 pasó al Centro Nacional de Recherche Scientifique francés. Dirigido por Jacques Dixmier presentó su tesis doctoral en 1973, en la Escuela Normal Superior, con un trabajo sobre Clasificación de Factores de Tipo III sobre Álgebras de Operadores. Entre los muchos premios recibidos por sus trabajos citemos el Premio Aimeé Berthé en 1975, el Prix Pecot-Vimont en 1976 y la medalla del oro del Centro Nacional de la Recherche Scientifique en 1977.

Los trabajos de Connes sobre álgebras de operadores y sus aplicaciones en la Física Teórica, han abierto nuevas áreas de investigación.

Obtuvo la Medalla Fields en 1982, junto con William Thurston y Shing-Tung Yau. Desde 1982 es miembro de la Academia de las Ciencias francesa.

HISTORIA DE LA FÍSICA (Parte VII y final)

Por: Rolando Delgado y Francisco A. Ruiz

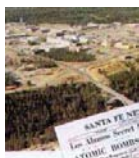
Basada en el libro "Historia de tres ciencias básicas". ISBN 959-257-044-2. Editorial Universidad de Cienfuegos.



En la medalla del premio Nóbel otorgada a las más relevantes aportaciones en el campo de la Física y la Química, se inscribe la cita clásica del poeta romano Virgilio: "La invención ayuda al progreso de la vida por medio de la Ciencia". Sin embargo, una peligrosa tendencia hacia la privatización de los descubrimientos científicos se advierte en este inicio del tercer milenio de la cultura occidental.



La Oficina de Patentes y Marcas Registradas en los Estados Unidos tiene una larga tradición que viene del siglo XVIII (1790). Se afirma que la protección de la propiedad es fuente de estimulación para la invención y por tanto motor del progreso social. Ha sido, en el aspecto financiero, garante de la aceleración de la investigación. Sin embargo, en el presente, los contornos entre descubrimiento e invención se han tornado borrosos, y las transnacionales que pretenden controlar el conocimiento científico como un nuevo producto del mercado, han promovido una peligrosa política de patentar el descubrimiento.



En la década del 40, se crea en Nuevo México, bajo el mayor secreto, el Laboratorio Nacional de los Álamos, verdadera empresa científica multinacional, con el objetivo de dar cumplimiento al llamado Proyecto Manhattan para la fabricación de la bomba atómica. La movilización de hombres de ciencias de todas las banderas tuvo el propósito de neutralizar cualquier tentativa de la Alemania hitleriana de emplear el chantaje nuclear.

La Era Atómica en el campo de la Física

El siglo XX traería al escenario mundial dos grandes guerras que paradójicamente darían un impulso al desarrollo del conocimiento científico en aquellas áreas en que se advertían necesidades internas y principalmente con fines relacionados con la tecnología militar. Este desarrollo dio lugar, incluso, al holocausto nuclear de la década de los años cuarenta.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial se conformaron dos grandes bloques militares, económicos y políticos, que se enfrascaron en una guerra fría, desarrollaron una irracional carrera armamentista, y fomentaron la hipertrofia de un complejo militar industrial.

En el polo de los países pobres, la mayoría de las colonias de África y Asia lograba su independencia contribuyendo al derrumbe del sistema colonial mundial que había servido como fuente de riqueza para las metrópolis.

Ya a finales de la década de los años ochenta y principios de los noventa, con el derrumbe del sistema socialista en el este europeo, se establecieron las bases de un mundo unipolar, caracterizado por un proceso de globalización, que si en principio pudiera considerarse en bien del intercambio científico – técnico, realmente representa un desafío para la supervivencia del mosaico de culturas de las naciones emergentes y de sus identidades nacionales.

Todo este panorama influyó considerablemente en los progresos de las Ciencias. Comenzó a manifestarse la principal característica de ese desarrollo consistente en su transformación, de producto social, elemento de la superestructura de la sociedad humana, en una fuerza productiva con rasgos muy especiales. Esta característica estuvo precedida por una explosión en el ritmo de la producción de los conocimientos científicos que alcanzó un crecimiento exponencial. Las relaciones Ciencia – Sociedad se hicieron más complicadas.

El avance de las Ciencias en este siglo es fiel reflejo del desarrollo socioeconómico de los países, resultando tan asimétrico y desigual como irracional es la distribución de riquezas heredada del pasado colonial.

Un cuadro similar se advierte si se recurre a cifras que ilustren el financiamiento por países en el área de investigación y desarrollo, así como si se analizan la producción de patentes de invención. En esta última esfera un nuevo problema viene a matizar el progreso científico. En todo el siglo XIX, la protección de la propiedad industrial, se había convertido en elemento de financiamiento de nuevas investigaciones que alentarán y permitieron nuevos logros en la invención. Pero con el siglo XX se van haciendo borrosos los contornos de los descubrimientos y las invenciones para la pupila de las grandes transnacionales interesadas más que todo en competir con éxito en el templo del mercado. Una encendida polémica se viene gestando en la opinión pública que gana creciente conciencia de los peligros que entraña semejante política. Afortunadamente, entre los propios investigadores se desarrolla un movimiento tendiente a preservar como patrimonio de toda la humanidad los descubrimientos científicos de mayor trascendencia.

Un proceso de fortalecimiento de los nexos en la comunidad científica, que se habían iniciado con las Sociedades fundadas en el siglo XVIII, se advierte desde inicios de siglo, sufriendo en los períodos de duración de ambas guerras un inevitable debilitamiento. En este contexto se destacan los Congresos realizados en Bruselas, con el apoyo financiero del empresario belga Ernest Solvay, que congregaron a los más brillantes físicos de la época.

El Congreso de Solvay de 1911, se puede considerar como el primer acto en el desarrollo conceptual de la Teoría Cuántica, verdadera revolución en el campo de las Ciencias Físicas. En el transcurso del evento se alcanzó un consenso en el reconocimiento de que la Física de Newton y Maxwell si bien explicaba satisfactoriamente los fenómenos macroscópicos era incapaz de interpretar los fenómenos de la interacción de la radiación con la sustancia, o las consecuencias de los movimientos microscópicos de los átomos en las propiedades macroscópicas. Para cumplir este último propósito era necesario recurrir a las ideas de la cuantificación. Ello demostraba la comprensión de la vanguardia de las Ciencias sobre el carácter temporal, histórico en la construcción del conocimiento científico.

El siglo XX traería también una organización de la ciencia en Instituciones que debían concentrar sus esfuerzos bien en estudios fundamentales como en aquellos de orden práctico. Los políticos se darían cuenta, desde la Primera Guerra Mundial, de la necesidad de sufragar los gastos de aquellas investigaciones relacionadas con la tecnología militar.

El Laboratorio de Cavendish en Cambridge, fundado en el siglo XIX, hizo época no sólo por la relevancia de sus investigaciones fundamentales para la determinación de la estructura atómica, sino por la excelencia mostrada por sus directores científicos, J.J. Thomsom y Ernest Rutherford, que lograron con su liderazgo que siete investigadores asistentes del Laboratorio alcanzaran el Premio Nóbel de Física.

El Laboratorio "Kaiser Guillermo" de Berlín constituyó un modelo de institución investigativa en las primeras décadas del siglo y contó, en el período de la Primera Guerra Mundial, con la asistencia de los más célebres científicos alemanes vinculados a proyectos de desarrollo de nuevas armas. Fritz Haber, notable químico alemán jugó el triste papel de introductor del arma química en los campos de batalla. Como se verá más adelante el destino del investigador alemán se cerra con el destierro, por su origen judío, de la Alemania fascista.

En la década del 40, se crea en Nuevo México, el Laboratorio Nacional de los Álamos, verdadera empresa científica multinacional, con el objetivo de dar cumplimiento al llamado Proyecto Manhattan para la fabricación de la bomba atómica. La movilización de hombres de ciencias de todas las banderas tuvo el propósito de neutralizar cualquier tentativa de la Alemania hitleriana de emplear el chantaje nuclear. El propio Einstein, con su enorme prestigio y autoridad moral, inicia el movimiento enviando una misiva al presidente de los Estados Unidos. Cinco años después, enterado de los éxitos ya obtenidos en los ensayos de la bomba atómica, vuelve a usar la pluma está vez para reclamar prudencia en el empleo de este engendro de la Física Nuclear. El resto de la Historia es bien conocido. El 9 de agosto de 1945 la humanidad se aterrorizaba con la hecatombe nuclear en Hiroshima, días después se repetía la escena esta vez en Nagasaki. Se inauguraba la época del arma nuclear con un saldo inmediato de cien mil muertos y más de ciento cincuenta mil heridos, y una multiplicación a largo plazo de las víctimas como resultado de las manifestaciones cancerígenas y las mutaciones genéticas inducidas por la radiación nuclear.

Los más relevantes exponentes, y la mayoría de la comunidad científica reaccionaron vigorosamente contra el desarrollo del armamento nuclear y abrazó la causa del uso pacífico de la energía nuclear. El propio Einstein abogó por el desarme internacional y la creación de un gobierno mundial. No faltaron, sin embargo aquellos que consideraron oportuno continuar la espiral armamentista, confiados en que el liderazgo de un país podía resultar ventajoso para todo el mundo. Entre estos se contó con el arquitecto principal de la bomba de Hidrógeno, el físico húngaro, nacionalizado estadounidense, Edward Teller.

(Continúa en la siguiente página)



Nernst logró que el industrial belga Ernest Solvay patrocinara un congreso, que fue el primero de los famosos Congresos Solvay que se han efectuado desde 1911 en Bruselas, Bélgica. Este congreso resultó muy importante en la historia de la Física, ya que en su transcurso la comunidad de físicos más relevantes renunció explícitamente a la validez universal de la Física desarrollada hasta fines del siglo XIX, sostenida, en esencia, por la Mecánica de Newton y el Electromagnetismo de Maxwell. Las representaciones cuánticas y las ideas sobre la naturaleza dual de la luz y las partículas van a invadir el pensamiento físico de la época.



Max Planck (1858-1947)

Fue un pionero de las ideas de la cuantificación de la energía en los procesos de emisión de la radiación. La ecuación $E = hu$ lo inmortaliza a través de la constante universal h que recibe su nombre, constante de Planck. Su enorme prestigio hace que lo elijan en 1930 presidente de la Sociedad Científica alemana más importante, la Sociedad Kaiser Guillermo para el progreso de la ciencia. Sus críticas abiertas al régimen nazi le forzaron a abandonar la Sociedad a la cual regresó como presidente al terminar la Segunda Guerra Mundial. Hoy esta sociedad lleva su nombre, Sociedad Max Planck.



Paúl Langevin (1872 – 1946)

De Paúl Langevin, Einstein afirmó: "Es indudable que si yo no hubiera publicado mi trabajo, él habría alcanzado su meta, tarde o temprano, y lo habría hecho antes que todos los demás". Pero su grandeza desborda su valiosa contribución a la Ciencia. Desarrolla una notable lucha por la paz entre las naciones. En 1933, preside el Comité Mundial contra la Guerra y el Fascismo. Con el asalto de las hordas nazis a París es el primer relevante intelectual francés internado en un calabozo.

(Viene de la página anterior)

En la segunda mitad del siglo XX, la rivalidad entre las instituciones científicas del este y oeste constituían un reflejo de la guerra fría que prevaleció hasta bien avanzado el siglo. A la competencia y el intercambio que alentó, en lo fundamental, el desarrollo de las investigaciones en las primeras décadas entre las Escuelas de Copenhague, Berlín, París, y Londres, le sustituyó un cerrado silencio. El intercambio fue tapiado y supuestas filtraciones al bando opuesto adquirieron la dramática connotación de espionaje político. Los logros publicables que obtenían los laboratorios nucleares de Dubna, en la ex - Unión Soviética, Darmstadt en Alemania, y Berkeley de los Estados Unidos eran sometidos a encendidas polémicas sobre prioridad, como es el caso del descubrimiento (acaso sería mejor decir "la fabricación" en los aceleradores lineales) de los elementos transféricos que ocupan una posición en la tabla periódica posterior al elemento número 100.

Pero a pesar del mar de contradicciones en que debió navegar nuestra nave planetaria ha sido el XX un siglo de un espectacular salto de la Ciencia y la Tecnología. Se inauguran la "Era Atómica", la "Edad de los Materiales Sintéticos", los tiempos de la "Conquista del Espacio Sideral", la "Época de la Robótica", el período de "la Informatización", el despegue de "la Ingeniería Genética"... En cada una de estas conquistas están presentes las tres Ciencias Básicas que nos ocupan.

Desde el punto de vista de su auto desarrollo, las Ciencias, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, experimentan una delimitación de los respectivos campos de cada disciplina científica y a la vez una tendencia a la interdisciplinariedad. Se advierten pues la aparición de ramas de las Ciencias de naturaleza "fronteriza" y el acercamiento hacia un mismo objeto de estudio desde perspectivas diferentes siguiendo luego una intención totalizadora.

En el campo de las Ciencias Físicas una trascendental revolución se producía en:

1. Las ideas sobre la cuantificación de la luz y la sustancia que permitieron el desarrollo de la llamada Mecánica Cuántica.

El primer período en el desenvolvimiento meteórico de la Física Cuántica abarca desde el propio año inicial del siglo hasta 1913. Si tuviera que bautizarse esta etapa ocurriendo a los protagonistas fundacionales, como el paradigma mecánico se reconoce como la época de Newton-Galileo, o la concepción electromagnética del mundo se asocia al par Faraday-Maxwell, habría que llamar a este momento histórico como el de Planck-Einstein-Rutherford-Bohr. Y al así hacerlo tendríamos en cuenta que ellos lideraron la búsqueda y solución de los problemas esenciales que condujeron a la teoría cuántica del átomo de Bohr:

- La distribución de la energía en el espectro de emisión del cuerpo negro absoluto.
- La elaboración de un modelo atómico constituido por partículas positivas y negativas.
- La determinación de las leyes que rigen en los espectros de rayas y de bandas.

El surgimiento de las ideas de la cuantificación de la luz nace con el inicio del siglo XX. Los trabajos de Max Planck (1858 - 1947) al explicar el comportamiento de la radiación por temperatura del radiador ideal, considera la existencia de paquetes de energía que depende de la frecuencia de la radiación. Por primera vez la Física se encontró con las representaciones cuánticas que modificarían la faz de esta Ciencia.

Las representaciones cuánticas fueron aplicadas por Albert Einstein (1879 - 1955) en 1905 a la teoría del efecto fotoeléctrico. Einstein a diferencia de Planck formuló la hipótesis de que los cuantos de magnitud $h\nu$ existen no solo en el proceso de emisión o de absorción, sino que tienen, además, existencia independiente. A partir de esta concepción explicó las particularidades de este efecto, inexplicables desde el punto de vista de la teoría ondulatoria de la luz, y enunció la ley básica del efecto fotoeléctrico. La ecuación que resume esta concepción teórica fue comprobada experimentalmente por Arthur Holly Compton (1892 - 1962) en 1912. La explicación del efecto fotoeléctrico externo establece las bases de la Teoría Fotónica (dual) de la Luz.

Finalmente, Niels Bohr (1885- 1962) en 1913, abre la etapa de la cuantificación de la energía para las partículas al proponer un modelo inicial del átomo basado en el postulado de cuantificación del momento angular y la energía de los electrones en sus órbitas para los átomos hidrogenoides. La noción de los estados estacionarios del electrón rompía con la electrodinámica clásica y apuntaba hacia una nueva manera de entender el mundo de las micro partículas. En 1914, Bohr visitó las universidades de Munich y Gotinga y establece relaciones con famosos físicos como Born y Sommerfeld. La Primera Guerra Mundial interrumpió su gira por Alemania y ya en 1916 abre una cátedra de Física Teórica en Copenhague. Cinco años después funda el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Copenhague. En los próximos años, el Instituto de Bohr y la Universidad de Gotinga se convierten en los baluartes de la naciente Mecánica Cuántica.

Un segundo período nacido con la posguerra, nos trae las ideas duales para las partículas que tienen su origen en los trabajos teóricos de Louis De Broglie (1892 - 1987). Hasta entonces todos los fenómenos relacionados con el electrón se explicaban sólo desde el punto de vista corpuscular. De Broglie busca obstinadamente una idea generalizada, en la cual los puntos de vista corpuscular y ondulatorio estuviesen íntimamente integrados. A partir de su hipótesis deduce de una forma sorprendentemente sencilla la condición de cuantificación de las órbitas electrónicas de Bohr.

La confirmación experimental del carácter ondulatorio de los electrones fue espectacularmente obtenida en 1927 por los científicos norteamericanos C.J. Davisson y L.H. Germer al obtener el espectro de difracción de un haz de electrones convenientemente acelerados.

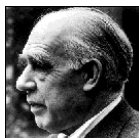
En los años cruciales para el desarrollo de la Mecánica Cuántica del 1921 al 27, en Zurich, Edwin Schrodinger (1887 - 1961) llevó a cabo las investigaciones fundamentales que culminaron en su famosa ecuación de onda. La ecuación de onda de Schrodinger permite, a través del instrumental matemático con que opera, obtener valores discontinuos para la energía, que cuantifican el movimiento de las partículas no relativistas; y al mismo tiempo plantea el problema del sentido físico de la función de onda. Estas investigaciones basadas en la objetividad de las ondas existentes y en su comportamiento causal fueron aplaudidas desde Berlín por Planck y Einstein que por entonces ejercían la docencia en la Universidad berlinesa.

En el mismo año en que Schrodinger establece su famosa ecuación de onda, Werner Karl Heisenberg (1874 - 1956) enuncia el principio de indeterminación (incertidumbre). Heisenberg demuestra mediante un experimento imaginario que cuanto mayor es la precisión con que determinemos la posición de la micro partícula tanto menor es la precisión con que se determine su velocidad.

El sentido de la relación de indeterminación ha sido objeto de encendidas polémicas. Compartimos el criterio de que estas relaciones no constituyen barreras para la cognición del mundo de las micro partículas sino que expresan su peculiar esencia. Al establecer un enfoque probabilístico en la descripción del micro mundo no se está intentando evadir las grandes dificultades representadas por el gran número de partículas de los sistemas abordados en la Física Molecular y la Termodinámica, pero que al menos en principio podían ser descritos con arreglo a leyes bien determinadas. En el caso del micro mundo, no existe la posibilidad de descripción determinista y es necesario el reconocimiento de la existencia de leyes objetivas con un carácter probabilístico.

El trabajo fundamental que fija el sentido de probabilidad de la función de onda pertenece a Max Born (1882 - 1970) quien, al examinar esta cuestión en 1926 llegó a la conclusión de que si el sistema consta de un punto, la función de onda expresa la probabilidad de encontrar la partícula en el punto del espacio tridimensional; ahora bien si se trata de un sistema de n partículas la función de onda cambia de un punto a otro del espacio de representación con $3n$ dimensiones. Born fue uno de los pocos físicos que edificaron la estructura filosófica de la Mecánica Cuántica. Su principal contribución fue la interpretación probabilística de las ondas de Schrodinger, una interpretación que eleva la probabilidad a categoría primaria de la Mecánica Cuántica.

En 1928, el eminente teórico inglés Paul Dirac (1902-1984) deduce la famosa ecuación relativista cuántica que describe el comportamiento del electrón. Se considera la ley que generaliza las ecuaciones relativistas cuánticas del movimiento de las partículas.



Niels Bohr (1885 -1924)

Es el autor del sistema planetario de la estructura electrónica de los átomos. Su imagen de la envoltura electrónica deriva de la aplicación del principio de cuantificación a las órbitas posibles de los electrones. Durante la segunda guerra mundial emigró con su familia a EEUU y participó en el proyecto de los Átomos para la construcción de la bomba atómica. Fue un energético defensor de poner en manos del control internacional el armamento atómico y al concluir la guerra regresó a la universidad de su natal Copenhague, donde se consagró al desarrollo del uso pacífico de la energía atómica.



Schrödinger

Con el ascenso de Hitler al poder, Schrödinger pudo haber retenido su cátedra puesto que él tenía afiliación católica, pero decidió mostrar su rechazo al régimen nazi abandonando Alemania. Fue un hombre con una excepcional formación cultural, que cubría un amplio horizonte de la Filosofía a la Física, de la Historia a la Política. El escribió libros sobre Biología y sobre la cultura científica de la Grecia antigua.



Werner K. Heisenberg (1874-1956)

Físico alemán, mereció el premio Nóbel en 1932 por ser uno de los padres de la Mecánica Cuántica. Su principio de la incertidumbre ha tenido una profunda influencia tanto en la Física como en la Filosofía. Un estrecho nacionalismo lo llevó a dirigir el plan nuclear de la Alemania nazi que afortunadamente no tuvo éxito.



El Congreso de Solvay de 1927 dejó como saldo para la Historia el rico debate alentado principalmente por Bohr y Einstein sobre los principios de la nueva Mecánica Cuántica. A partir de este Congreso la Comunidad de los físicos teóricos reconoció como válida la interpretación de la Escuela de Copenhague (liderada por Bohr). Einstein aceptó la coherencia alcanzada por la teoría cuántica pero siempre creyó en la posibilidad de crear una teoría más completa.

(Viene de la página anterior)

La resolución de las ecuaciones obtenidas por Dirac indicaba que debía existir una partícula con la misma masa del electrón pero con carga positiva. Era la predicción del antimundo, por primera vez apareció el concepto de antipartícula, nació así teóricamente el positrón. Cuatro años más tarde, el físico norteamericano C. Anderson (1905 – 1991) logró observar en la cámara de Wilson la traza de una partícula extraordinaria que poseía la masa del electrón pero era desviada por el campo magnético en sentido contrario. Se había hallado experimentalmente el gemelo del electrón predicho por Dirac.

La teoría de Dirac auguraba la existencia de antipartículas para casi todas las partículas elementales, lo que se confirmó en lo sucesivo. En 1955 fueron descubiertos los antiprotones y luego otras antipartículas, en fin fue descubierto el antimundo.

Los pronósticos de Dirac iban más lejos y aseguraban que durante su encuentro ocurriría el aniquilamiento mutuo de partículas y antipartículas con la correspondiente liberación de energía. El proceso de aniquilación fue una confirmación más de la ecuación de Einstein que interrelaciona masa y energía. En octubre de 1985, en el Laboratorio Nacional "Enrico Fermi" de Illinois, probaron un nuevo y superpotente acelerador de partículas con el cual colisionaron protones y antiprotones. La energía descargada durante la colisión superó cualquier cantidad conseguida hasta el momento: se produjo una energía equivalente a 1,6 trillones de electrón-volts.

El impetuoso avance de la Física Atómica permitió una mayor profundización en los niveles de la naturaleza e hizo posible el surgimiento de la Teoría de los Quarks.

La explicación de la estabilidad del núcleo atómico, que confinaba en regiones muy reducida a los protones de carga positiva, exigió el postulado de nuevas partículas nucleares. El físico japonés Hideki Yukawa (1908 – 1981) fue el primero en emitir la hipótesis de que las partículas que garantizan la estabilidad de los núcleos pueden poseer una masa mucho mayor que la del electrón. Estas partículas luego fueron llamadas mesones, y la comprobación experimental de su existencia debió esperar 11 años cuando se investigaban los rayos cósmicos. Fue entonces que se encontraron partículas con una masa 273 veces la masa del electrón y otras con 207 masas del electrón. A estas partículas se les llamaron mesones n o piones y mesones μ o muones. El pión resultó ser el mesón propuesto por Yukawa.

El camino que tomaron las investigaciones en el campo de las micro partículas demostraba la inagotabilidad de la materia. En 1961, el físico norteamericano Murray Gell-Mann (1929-) diseñó una especie de tabla periódica que agrupaba a las partículas subatómicas en familias de ocho. Este esquema fue confirmado por descubrimientos posteriores. Tres años después Gell-Mann propuso la existencia de los quarks, partículas constituyentes de las partículas "elementales". Según la profundización alcanzada en los niveles del micro mundo, hay pues bariones (de masa mayor o igual a los protones); mesones (de masa inferior a los protones y mayor que los electrones) y luego hay quarks. Por razones estructurales se clasificaron los quarks en seis grupos teóricos. A finales de los sesenta se experimentó mucho con los quarks y en los noventa se probó la existencia del último de los seis grupos.

El progreso de la Teoría Dual de la Luz se fortalece con la llamada estadística de los bosones propuesta en los trabajos de A. Einstein, en 1924, y de Satyendra Nath Bose (1894 – 1974), de los cuales el fotón es un caso particular, y al incorporar, según las concepciones actuales, los fotones al sistema de partículas básicas consideradas por la Teoría de los Quarks.

En unos cincuenta años, se consolidó la Teoría Atómica, con el desarrollo de modelos, tanto para el átomo de hidrógeno, con cálculos exactos, como para los átomos multielectrónicos, con cálculos aproximados, pero muy eficientes, y edificado la Teoría del Núcleo que dio lugar a la utilización de la energía nuclear en las distintas ramas de la economía, aunque lamentablemente también en el terreno bélico.

Los avances en esta rama de las ciencias han tenido importantes aplicaciones prácticas, en particular sobresalen las aportaciones en la rama de las comunicaciones, la codificación de información, los diversos tratamientos con la utilización de los láseres, las aplicaciones en la medicina de técnicas basadas en el láser y en la resonancia magnética nuclear, los átomos marcadores para la datación de hallazgos arqueológicos, y el desarrollo de la rama de la energética nuclear.

La Mecánica Cuántica y sus múltiples aplicaciones en otras ramas concretas de las Ciencias, han traído importante derivaciones epistemológicas y filosóficas. Entre ellas destaca el debate sobre la cognoscibilidad del mundo, dado por diferentes interpretaciones del Principio de Indeterminación. En realidad este principio debe entenderse que define un límite de validez para la aplicación de los conceptos que el hombre ha aplicado a una determinada esfera de fenómenos naturales, y acusa el riesgo de una generalización no fundamentada.

2. Las ideas sobre la variabilidad del tiempo y del espacio, desarrolladas inicialmente casi en solitario por A. Einstein al crear su Teoría de la Relatividad.

Einstein, en 1905, ya había demostrado al proponer la Teoría de la Relatividad Especial, que la Mecánica de Newton no tenía validez universal; demostró que si los cuerpos se mueven con velocidades comparables a la de la luz, entonces la Mecánica de Newton no puede describir los fenómenos correspondientes. La Teoría de la Relatividad es una generalización de la teoría newtoniana, que amplía su dominio de aplicación. Si en la Teoría de la Relatividad se consideran fenómenos en los cuales la velocidad de los cuerpos es mucho menor que la de la luz, como son la mayoría de los fenómenos cotidianos, entonces se recupera la mecánica de Newton. Es decir, la teoría newtoniana es un caso particular de la relativista, para velocidades muy pequeñas. Desde este punto de vista Einstein ya había señalado antes una limitación de la Física entonces existente.

Tanto la llamada Teoría Especial para el caso de los sistemas inerciales que fue, en lo fundamental enunciada en 1905, como su ulterior extensión de la llamada Teoría General de la Relatividad que consideraba el caso de los sistemas no inerciales, les permitieron a Einstein desarrollar su Teoría sobre la Gravitación Universal a partir de la propiedades del espacio – tiempo en la cercanía de las grandes aglomeraciones de masa.

Es necesario destacar que la Teoría General de la Relatividad pertenece no solo a la Historia de la Ciencia, sino a la Física contemporánea. Constituye una síntesis, desde postulados relativistas, de la teoría newtoniana de la atracción gravitatoria, de la teoría del espacio-tiempo tetradimensional curvo y, finalmente, de la generalización del principio de relatividad de movimientos uniformes respecto a movimientos acelerados.

Como expresión de una teoría revolucionaria, en el ámbito que abarca, va a exigir de nuevas concepciones sobre el espacio, el tiempo y el movimiento, a la vez que se apoya en novedosos instrumentos matemáticos de trabajo.

Asentada principalmente en la Teoría Especial de la Relatividad; en las observaciones de Poincaré (1854 – 1912) sobre la gravitación; y en la interpretación cuatridimensional de Minkowski (1864 – 1909); así como en los trabajos geométricos de Lovachevski y Riemann, su construcción fue obra casi exclusiva de A.Einstein.

Este hecho, insólito ya en la Física del siglo XX, repleta de ejemplos del trabajo en equipo, en el seno de "Escuelas", donde se gestan las grandes soluciones a los desafíos de la época, se explica al recordar que en el período que abarca de 1905 al 1916 la atención de la comunidad de físicos se centra en el desarrollo de la Teoría Cuántica del átomo.

No parecía entonces que los problemas de la atracción gravitatoria y de la generalización de la Teoría Especial de la Relatividad, fuera a ofrecer resultados trascendentes. De hecho, una característica de este descubrimiento que puede resultar, a primera vista sorprendente es que si bien la Teoría General de la Relatividad señala un giro radical en nuestras ideas sobre categorías tan generales como el espacio, el tiempo y la gravitación, esta no presentó la menor trascendencia técnica.

Sin embargo, después de su formulación y sobre todo luego de la confirmación experimental por Eddington (1882 – 1944) del entonces llamado efecto Einstein acerca de la pequeñísima desviación de los rayos de luz de las estrellas al pasar cerca de la superficie del sol, una nueva promoción de físicos se sintió inclinada a participar en nuevas búsquedas, emitir audaces hipótesis, y someter las nuevas ideas a confirmación astronómica. Desde entonces se han repetido los intentos de estructurar una teoría única del campo, y elaborar la Teoría Cuántica de la Gravitación.

(Continúa en la siguiente página)

(Viene de la página anterior)



Abdus Salam

Su tesis doctoral defendida en 1951 en Cambridge se consideró un trabajo fundamental en la electrodinámica cuántica. Premio Nóbel en 1979, el dinero recibido de sus premios internacionales ha sido dedicado totalmente para posibilitar que jóvenes talentos en Física de su país y de otros países subdesarrollados visiten el Centro Internacional de Física Teórica fundado por Salam en Trieste. Abdus Salam fue un devoto musulmán cuya religión no ocupó un compartimento separado de su vida; fue inseparable de su trabajo y su vida familiar.



Rutherford

Fue director del Laboratorio de Cavendish en Cambridge, desde donde condujo o dirigió trascendentales estudios sobre la estructura atómica.



Henry Moseley (1887-1915)

Discípulo de Rutherford, desarrolló brillantemente la aplicación de los espectros de rayos X al estudio de la estructura atómica y arribó a una nueva formulación de la ley periódica de los elementos químicos 50 años después de Mendeleev. La carga nuclear y no la masa atómica era la propiedad clave para explicar la periodicidad de las propiedades de los elementos químicos. No había cumplido aún los treinta años cuando muere en los campos de batalla de la Primera Guerra Mundial, tras enrolarse en la Royal Army. Otra vez la guerra cuba la vida de un científico. ¿Cuántas vidas irrepetibles se han perdido?



Frederic Joliot

Frederic Joliot e Irene Curie constituyen una pareja que logra asaltar el olimpo de las ciencias. Comparten el premio Nóbel de Química de 1935 por el descubrimiento de la radioactividad artificial. Frederic merece algo más que la frase común de ser "un hombre de una intensa actividad pública". Su adhesión a la heroica Resistencia francesa contra la ocupación nazi y su consagrada lucha por la paz, lo convierten en un paradigma de hombre de ciencias comprometido con las causas más nobles de su época.

La cosmología relativista entró en una nueva fase en 1922, cuando el físico y geofísico ruso A.A. Friedman (1888 - 1925) publicó dos obras clásicas que se oponían al modelo estacionario propuesto por Einstein, y abrían paso a las ideas sobre un universo en expansión. Sólo siete años después de los trabajos de Friedman, en 1929, el astrónomo norteamericano E. Hubble (1889 - 1953), que trabajaba en el reflector más grande de aquellos tiempos en el observatorio de Mount Wilson, llegó a la conclusión, a partir del desplazamiento hacia el rojo de las rayas espectrales de todos los sistemas estelares alejados, de que todas las estrellas se alejan de nuestra galaxia. Estos trabajos fueron seguidos por el astrónomo belga G. Lemaitre (1894 - 1966) y dieron origen a la publicación de una explosión de otros que llegan hasta nuestros días. En la Cosmología actual prevalece el modelo del Bing Bang, y la teoría del relevante físico Stephen Hawking (1942 -). Las ideas relativistas de Einstein posibilitaron así el nacimiento de una ciencia del Cosmos y adelantar hipótesis sobre el surgimiento del universo conocido.

En el otro extremo de la cuerda, en el campo del micro mundo, el impacto de las aportaciones de A. Einstein, ha sido enorme y merece destacarse que todo progreso de la Mecánica Cuántica ha tomado en cuenta el carácter relativista de las micro partículas introduciéndose magnitudes para la descripción de los fenómenos del universo subatómico que no tienen su similar en el mundo clásico como por ejemplo son el momento de espín, las cargas bariónica y leptónica, y la hipercarga, entre otros. Por otro lado al aprovechar el carácter relativo del espacio y del tiempo se han podido construir aceleradores de partículas con el objetivo de estudiar las propiedades más íntimas de la materia.

En 1967 el físico de Harvard, Steven Weinberg (1933-) dio un gran paso adelante hacia la realización de una «teoría del campo unificado». Ésta comprendería las cuatro fuerzas aparentemente distintas de la naturaleza: gravedad, electromagnetismo y las fuerzas nucleares débil y fuerte. La fuerza nuclear débil se manifiesta al expulsar partículas del núcleo en deterioro radiactivo y la fuerza fuerte une las partículas nucleares. El modelo de Weinberg describe el electromagnetismo y la fuerza nuclear débil como distintas manifestaciones del mismo fenómeno.

Abdus Salam (1926 - 1996), físico paquistaní, fue profesor de Física Teórica del Imperial College de Londres, hizo notables aportaciones a la teoría electro débil, aplicable a las partículas elementales, y el modelo resultante se conoció entonces como modelo de Weinberg - Salam.

En 1970 Sheldon Glashow (1932-), otro físico de Harvard, extendió la teoría de este modelo a todas las partículas conocidas. En 1979, Weinberg, Salam y Glashow compartieron el Premio Nóbel de Física.

A finales de los años setenta, una teoría del campo sobre la fuerza nuclear fuerte, Cromodinámica Cuántica, se integró con la teoría electro débil de Weinberg y Salam para formar el modelo estándar. De las cuatro fuerzas, la única que queda fuera de esta teoría unificada es la gravedad. El científico holandés Gerardus't Hooft (1946-) y su colega Martinus J Veltman (1931-) merecieron el premio Nóbel de Física de 1999 por sus relevantes aportaciones en el desarrollo de las matemáticas necesarias para explicar el modelo estándar.

En el terreno epistemológico la Teoría de General de la Relatividad permitió una concepción más profunda sobre las nociones acerca del espacio y el tiempo y su relación con el movimiento al desechar o refutar las viejas ideas sobre el carácter absoluto o de receptáculos de estas entidades y analizar su variabilidad en dependencia del estado de movimiento de los sistemas. Además hizo posible comprender las relaciones entre la masa y la energía como magnitudes que expresan medidas cuantitativas de las propiedades inerciales y gravitatorias de las micro partículas por una parte y de las propiedades del movimiento de tales partículas por otra.

Otra importante derivación epistemológica de esta teoría radica en hacer evidente, tal vez por primera vez en el campo de la Ciencias Físicas, la importancia del llamado Principio de Correspondencia, considerado por muchos como el segundo criterio de la verdad sobre una determinada teoría científica, al establecer que toda nueva teoría, además de demostrar su valía en el campo de la práctica social, debe comprender o englobar a la teoría anterior sobre el mismo campo o dominio de aplicación, como un caso particular o límite. Tal era el caso entre la Teoría de la Relatividad y la Mecánica de Newton, de forma que la primera abarcaba a la segunda para el caso de bajas velocidades en comparación con la rapidez de propagación de la luz en el vacío.

3. Las ideas sobre la desintegración radiactiva y el desarrollo de la teoría del átomo nuclear.

El átomo indivisible había nacido en el ámbito químico mientras el mundo subatómico aparecía vinculado a la física contemporánea. De cualquier manera una enorme resonancia tendría sobre la Química el conocimiento de la estructura atómica. De hecho el trabajo conjunto de radio químico y físicos experimentadores condujo a relevantes descubrimientos sobre todo en el campo de la desintegración radiactiva. Es por ello que violando cierta lógica en el curso de los acontecimientos científicos hemos situado estas conquistas del pensamiento atómico justamente en las fronteras entre ambas ciencias.

El descubrimiento del electrón y la radioactividad fueron prácticamente coincidentes en el tiempo. La práctica demostraba la complejidad del átomo, por lo menos los electrones y las partículas alfa (emitidas por los radioelementos) entraban en la estructura atómica.

Casi desde estos primeros momentos comenzaron las tentativas por describir un modelo atómico. William Thomsom (Lord Kelvin) ya en 1902 concebía la carga positiva distribuida uniformemente por todo el átomo mientras los electrones en número que compensaba esta carga se encuentran en el interior de esta nube positiva. Un año más tarde, J.J Thomsom concibe a los electrones en movimiento dentro de la carga positiva distribuida en una esfera.

Luego de otros intentos para describir un modelo que explicara el espectro de rayas y de bandas y el fenómeno de la radioactividad, aparece en 1911 la publicación del físico neozelandés Ernest Rutherford (1872 - 1937) "La dispersión por parte de la materia, de las partículas alfa y beta, y la estructura del átomo" en la que propone el modelo nuclear del átomo. Según Rutherford la carga positiva y la masa del átomo se confinan en una porción muy reducida, 10^4 veces menor que las dimensiones del átomo, mientras los electrones quedan alojados en una envoltura extranuclear difusa. La carga positiva nuclear es igual a Ze, siendo e, la carga del electrón y Z aproximadamente la mitad del peso atómico.

Rutherford fue más allá y en diciembre de 1913 expone la hipótesis de que la carga nuclear es una constante fundamental que determina las propiedades químicas del átomo. Esta conjetura fue plenamente confirmada por su discípulo H. Moseley (1887 - 1915), quien demuestra experimentalmente la existencia en el átomo de una magnitud fundamental que se incrementa en una unidad al pasar al elemento siguiente en la Tabla Periódica. Esto puede explicarse si se admite que el número de orden del elemento en el sistema periódico, el número atómico, es igual a la carga nuclear.

Durante este primer período la atención de la mayor parte de la vanguardia de los físicos teóricos se concentraba en extender los razonamientos cuánticos iniciados por Planck; mientras, la construcción de un modelo para el núcleo atómico era un problema relativamente relegado y frente al cual se levantaban enormes obstáculos teóricos y prácticos.

Rutherford había sugerido desde sus primeras investigaciones que muy probablemente el núcleo estaría constituido por las partículas alfa emitidas durante la desintegración radioactiva. Ya para entonces el propio Rutherford había cuidadosamente comprobado que las partículas alfa correspondían a núcleos del Helio, es decir, partículas de carga +2 y masa 4. Otra línea de pensamiento conducía a suponer que los electrones (partículas beta) emitidos durante la desintegración radioactiva eran lanzados desde el mismo núcleo.

Frederick Soddy (1877 - 1956), uno de los primeros y más sobresalientes radio químicos, premio Nóbel en 1921, al pretender ubicar el creciente número de productos de la desintegración radioactiva en la Tabla Periódica colocó los elementos que mostraban propiedades químicas idénticas en la misma posición aunque presentaran diferentes masas atómicas. Al hacerlo estaba ignorando la ley de Mendeleev y modificando el propio concepto de elemento químico. Ahora surgía una nueva categoría para los átomos, el concepto de isótopos (del griego iso: único, topo: lugar). Poco después, el descubrimiento de Moseley apoyaría su decisión, al demostrar que la propiedad fundamental determinante de las propiedades químicas y de la propia identidad de los átomos era la carga nuclear.

Con la Primera Guerra Mundial se levantaron obstáculos para el progreso de los estudios fundamentales recién iniciados, quedarían interrumpidos los intercambios científicos, detenidas las publicaciones, el campo de acción de las investigaciones desplazado a la práctica de la tecnología militar.

(Continúa en la siguiente página)

(Viene de la página anterior)

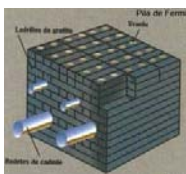


Otto Hahn y Lise Meitner

En el otoño de 1907 empezó una fructífera colaboración entre Otto Hahn y Lise Meitner. Por entonces, Hahn laboraba en el Instituto Fischer de Berlín y para ingresar a Meitner, por su condición de mujer, tuvo que solicitar una autorización especial. Luego continuaron en el pequeño departamento de radiación del Instituto de Química de la Sociedad Kaiser Guillermo inaugurado en 1912, hasta 1938. Entonces por su origen judío, la austriaca Meitner, se vio obligada a emigrar a Suecia. El resto es conocido, Hahn descubre las condiciones en que el núcleo de uranio se escinde; la propia Meitner con su sobrino Otto Frisch, desde Estocolmo, se encargan de apoyarlo en la interpretación física del fenómeno. Pero Meitner, que acuñó el término de fisión nuclear, es despojada de todo reconocimiento sobre el fabuloso descubrimiento.



Desde 1942, Oppenheimer, físico norteamericano, de origen judío, actúa como director científico del proyecto Manhattan para la fabricación de la bomba atómica. Oppenheimer mostró una incuestionable capacidad de liderazgo en el círculo de científicos participantes del proyecto. Estimuló una atmósfera de confianza y respeto que produjo enormes progresos. Con consagración se mantuvo al frente del complejo proyecto, aunque su vida privada se resintió enormemente. Una vez detonada la bomba atómica sobre Japón declaró que la humanidad condenaría la fabricación de esta arma. Luego, aunque aceptó la dirección de la Comisión de Energía Atómica (CEA) de los EEUU, se opuso públicamente al nuevo plan para fabricar la bomba de Hidrógeno. En 1954, J. Edgar Hoover, director del FBI, redactó un informe para la Casa Blanca apoyando la acusación de que Oppenheimer era un "agente de espionaje". Por esta acusación el comité de seguridad de la CEA, aunque sin hallarlo culpable lo separó de toda participación en los nuevos proyectos investigativos.



PILA ATÓMICA DE FERRI

Pero en Berlín una pareja de investigadores, Lise Meitner (1879 – 1968) y Otto Hahn (1878 – 1968), una física y un químico, venían investigando sobre el aislamiento y la identificación de radioelementos y de productos de la desintegración radioactiva. Ante el alistamiento de Hahn en el ejército para llevar a cabo estudios vinculados con la naciente guerra química, Meitner continúa las investigaciones y descubre en 1918 el protactinio.

En 1919, Rutherford, que encabeza a partir de este año el laboratorio Cavendish en Cambridge, al estudiar el bombardeo con partículas alfa sobre átomos de nitrógeno, descubre la emisión de una nueva partícula, positiva, y evidentemente responsable de la carga nuclear del átomo. La existencia en el núcleo de partículas positivas y de los electrones emitidos como radiaciones beta, llevó a este relevante investigador a concebir una partícula que constituyese una formación neutral, un doblete comprendido como una unión estrecha de un protón y un electrón.

Durante más de 10 años Rutherford y su principal asistente James Chadwick (1891 – 1974) intentaron en vano demostrar experimentalmente la existencia del neutrón.

Las señales alentadoras vendrían de París, del laboratorio de los Joliot. Jean Frederick (1900 – 1958) e Irene Joliot-Curie (1897 – 1956) reportaron en 1932 que al bombardear con partículas alfa, provenientes de una fuente de polonio, átomos de berilio se producía una radiación de alto poder de penetración que ellos asociaron a rayos γ . Pero Chadwick no compartió este supuesto y procedió a verificar que estas partículas eran los escurridizos neutrones. Chadwick fue acreditado para la Historia como el descubridor de los neutrones.

La nueva oportunidad que se les presentó dos años más tarde a los Joliot fue esta vez convenientemente aprovechada. Ellos encontraron que al bombardear aluminio con partículas alfa, la emisión de positrones continuaba después de retirar la fuente de plutonio, y además el blanco continuaba emitiendo conforme a la ley exponencial de la descomposición de radionúclidos. Se había descubierto la radioactividad artificial.

Inmediatamente después del descubrimiento del neutrón, W.Heinseberg propone el modelo del núcleo del protón – neutrón. Conforme con este modelo los isótopos descubiertos por Soddy se distinguen sólo por el número de neutrones presentes en el núcleo. Este modelo se verificó minuciosamente y obtuvo una aprobación universal de la comunidad científica. Sin embargo numerosas interrogantes quedaban en pie, entre otras flotaba la pregunta: ¿de dónde proceden los electrones resultantes de la desintegración radiactiva?

Para responder a esta pregunta el eminente físico teórico suizo Wolfgang Pauli (1900 – 1978) supuso, en el propio 1932, que durante la desintegración beta junto con los electrones se emite otra partícula que acompaña la conversión del neutrón en un protón y un electrón y que porta la energía correspondiente al defecto de masa observado según la ecuación relativista de Einstein. Lo trascendente en la hipótesis de Pauli es que semejante partícula, necesaria para que el proceso obedeciera la ley de conservación y transformación de la energía, no presentaba carga ni masa en reposo.

Esta vez fueron 24 años, la espera necesaria para que la partícula postulada por Pauli y bautizada por Enrico Fermi (1901 - 1954) con el nombre de neutrino, fuera observada mediante experimentos indirectos conducidos de modo irrefutable por el físico norteamericano F. Reines (1918 -). Con este descubrimiento se respaldaba la teoría desarrollada por Fermi sobre la desintegración beta y las llamadas fuerzas de interacción débil entre las partículas nucleares.

Pero antes de esta espectacular verificación de la teoría, aún en la memorable y triste década de los 30, el propio Fermi y su grupo de la Universidad de Roma, al juntar las nociones del neutrón y la radioactividad artificial, en el transcurso de unas semanas inició el camino hacia la fisión nuclear, considerando por el contrario que se dirigía hacia el descubrimiento de nuevos elementos más pesados.

En Berlín, un equipo de investigación compuesto por Otto Hahn, Fritz Strassmann y Lise Meitner, pretendió verificar los estudios del grupo de Roma e inició el bombardeo de átomos de uranio con neutrones, esperando poder descubrir nuevos elementos más pesados. En vez de esto, a finales de 1938, Hahn y Strassmann (la Meitner había sido clandestinamente sacada de Alemania ya que peligraba su integridad por su origen judío) descubren no un elemento más pesado como resultado del bombardeo nuclear del uranio sino un elemento más ligero, llamado bario. Sin poder darles una explicación, envían estos resultados inmediatamente a Meitner, entonces en Estocolmo, donde ella y su sobrino, el físico Otto Frisch (1904 – 1979), investigaron el misterio. Llegaron a la conclusión de que el núcleo del uranio, en vez de emitir una partícula o un pequeño grupo de partículas como se suponía, se rompía en dos fragmentos ligeros, cuyas masas, unidas, pesaban menos que el núcleo original del uranio. El defecto de masa, según la ecuación de Einstein, podía transformarse en energía.

Dos años después, en la Universidad de Berkeley, California, un grupo de jóvenes científicos demostraron que algunos átomos de uranio, en vez de dividirse, absorbían los neutrones y se convertían en las sustancias que había predicho Fermi. Los investigadores de Berkeley, Edwin McMillan (1907 – 1991) y P.H. Abelson (1940-) realizaron experimentos en los que obtuvieron un elemento que poseía un protón más que el uranio, de modo que su número atómico era 93. Se le llamó neptunio, por el planeta Neptuno, más allá de Urano.

Luego un equipo dirigido por Glenn Seaborg (1912 – 1999), del propio Berkeley, descubrió que los átomos de neptunio se deterioraban y se convertían en un elemento cuyo número atómico era 94. Este elemento fue llamado plutonio por el planeta Plutón. El primer isótopo descubierto fue el plutonio 238. Un segundo isótopo, el plutonio 239, resultó ser tres veces más fisionable que el uranio 235 (el material que finalmente se utilizó en la bomba de Hiroshima). En teoría, 300 gramos podían generar una carga explosiva equivalente a 20.000 toneladas de TNT.

En octubre de 1942, un equipo de científicos dirigido por Fermi empezó a construir una pila atómica (uranio colocado entre ladrillos de grafito puro) bajo las gradas de un estadio en la Universidad de Chicago. La investigación formaba parte del proyecto Manhattan para la fabricación de la bomba atómica y pretendía demostrar que los neutrones liberados en la fisión de un átomo de uranio podían "disparar" un mecanismo en cadena que generaría una enorme cantidad de energía.

Nueve años después de creada la pila atómica de Fermi, y a seis años del holocausto de Hiroshima y Nagasaki, científicos estadounidenses emplearon por primera vez la tecnología nuclear para generar electricidad. En 1951, bajo la supervisión de la Comisión de Energía Atómica se iniciaron las pruebas del funcionamiento de un reactor nuclear experimental instalado en una central eléctrica construida por los Laboratorios Nacionales Argonne en Idaho. El reactor experimental produjo energía suficiente para poner en funcionamiento su propio sistema de puesta en marcha; como llegaría a ser común en todas las plantas de energía atómica, el calor del núcleo haría hervir agua y el vapor impulsaría una turbina.

En 1954, los soviéticos abrieron la primera planta nuclear civil. Dos años después, los británicos inauguraron la segunda planta industrial. Pronto empezaron a funcionar centrales nucleares en todo el mundo. Pero las predicciones de un futuro impulsado por energía atómica resultaron poco realistas. Las centrales nucleares, caras de construir y de mantener, también resultan peligrosas por los residuos radiactivos y la posibilidad de accidentes catastróficos. Contrario al supuesto de los especialistas sobre la confiabilidad de los sistemas de seguridad de las Plantas Nucleares, varios accidentes ha conocido la humanidad a causa del error humano. La catástrofe de Chernobil, en Ucrania, conmocionó por su devastador impacto a toda la humanidad.

Así, la Revolución en el campo de la Física se abrió paso en el siglo XX a través de la superación de profundas crisis en el campo de las ideas, que exigieron lo que se ha dado en llamar un cambio de paradigmas. Esta Revolución en la Física ha impactado el resto de las Ciencias e impulsado el progreso científico técnico en todas las esferas de la sociedad contemporánea. La irracionalidad del orden mundial establecido tal vez explique el dramático panorama que exhibe aún el planeta.

Fermi había mostrado virtudes relevantes como físico teórico y como investigador experimental liderando el grupo de la Universidad de Roma hasta que emigró de la Italia fascista hacia EEUU. En la Universidad de Chicago, como parte del proyecto Manhattan, inventó la manera de controlar la reacción de fisión nuclear. La pila atómica de Fermi es precursora de los reactores termonucleares para generar energía eléctrica. Una nueva fuente energética plantearía nuevos desafíos.



Enrico Fermi

RECORDANDO A NIELS BOHR

Por ARIADNE GALLARDO FIGUEROA agalfi@yahoo.com

(Ariadne GALLARDO FIGUEROA es Comunicadora Social y Reportera de Radio especializada en entrevistas sobre Ciencia y Tecnología)

Niels Henrik David Bohr nació el 7 de octubre de 1885 en Copenhague, Dinamarca. Fue precisamente un 18 de noviembre del año 1962, cuando falleció el connotado físico teórico Niels Bohr. Hoy le hacemos un breve homenaje puesto que es uno de los intelectuales que destacaron y fueron galardonados con el Nóbel de física en 1922. Al respecto nos habla el doctor en física teórica **Aarón Abraham Aguayo González**, Doctor en Física teórica egresado del Centro de Investigaciones y estudios avanzados en IPN, unidad Mérida, que labora en la Facultad de matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán (aguayo@tunku.uady.mx), catedrático de la facultad de matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán y egresado del Cinvestav, unidad Mérida.



El físico danés en su juventud



Niels Bohr en la madurez de su carrera



AARÓN ABRAHAM AGUAYO GONZÁLEZ
Doctor en Física Teórica

El danés Niels Bohr, trabajó en sus inicios con colegas como lo fueron Ernest Rutherford y Thomson, su mayor contribución fue referente a la física del estado sólido, en sus primeros trabajos alrededor del año 1911 habla sobre una nueva visión de ver el átomo, trata de reforzar sus ideas en especial con el átomo de hidrógeno, al separar espectros de energía que no se entendían bien en lo teórico y él propone que el átomo debería visualizarse como un centro masivo, el núcleo; rodeado por electrones que se encuentran girando a través de dicho núcleo masivo en órbitas bien definidas, donde cada una de ellas corresponde a un nivel de energía.

Ernest Rutherford no se distanciaba mucho de esta visión, puesto que en sus teorías argumentaba por ejemplo: Con el descubrimiento del electrón se reveló que el átomo es, paradójicamente, divisible. Quedaba entonces por explicar la estructura del átomo. Con el descubrimiento del núcleo atómico se inició una nueva etapa en la búsqueda de lo elemental: las partículas nucleares. La primera de ellas, el protón, es el núcleo del átomo de hidrógeno y, combinado con neutrones, es constituyente básico de los núcleos del resto de los elementos. Su nombre se deriva de la voz griega para principal o primero (prwtosz).

Por su parte el físico británico Joseph John Thomson señalaba que la masa del electrón fuese mil veces menor que la del átomo que lo contenía era sólo una de las posibles interpretaciones, que dependía de suponer que la carga del electrón era igual a la unidad electrolítica de carga. Fue entonces necesario determinar experimentalmente, y en forma independiente, la carga y/o la masa del electrón.

¿Cómo definir estos niveles de energía?

Cuando un electrón pasa de un nivel orbital, de una energía E_1 a otra de nivel E_2 , es cuando emite un cuanto de luz, debido a ésta visión Niels logró explicar los fenómenos experimentales en relación al átomo de hidrógeno, posteriormente su teoría tuvo que ser molificada con los descubrimientos que surgen a partir de los años 20's con la ideas de Planck, Sommerfield y Dirak, sin embargo él, Bohr, es quien da las bases para la nueva interpretación de lo que es en realidad el átomo.

Entender los componentes del átomo resultó una ardua tarea, ya que en el pasado se consideraba al átomo como una unidad indivisible entre el protón y el electrón, un cuerpo único e integral, pero la realidad es muy distinta.

Ya que el nivel de energía de estos no es continuo, el electrón debe atravesar por niveles prohibidos de energía, ya que éste solo se moverá en órbitas bien definidas. Por tanto, no podemos dar a los números de energía valores fraccionarios.

¿Qué existe entonces entre un espacio orbital y otro?

Lo que se define como energía prohibida, los electrones solamente se encontraban en determinados espacios del átomo, para pasar a diferentes valores de energía, se debería contar con una energía extra, los llamados cuantos; por su contribución recibió en 1922 el premio Nóbel de física.

Ahora se utilizan aceleradores de partículas que describen características especiales del átomo, ¿qué nos puede decir al respecto?

Los aceleradores de partículas logran visualizar la energía fuerte y débil de los átomos, dependiendo de la energía que se aplique en estos, es posible excitar electrones o partículas que componen el núcleo, asunto que ha llevado a demostrar las características complejas de los átomos.

Esa energía de los aceleradores es tal que al golpear electrones estos salen en niveles de energía débil, por su parte la energía fuerte es la que enlaza a todas las partículas fundamentales del núcleo, como son los leptones, quarks y los positrones.

¿En toda esta teoría, donde se centra la discusión entre Einstein y Bohr?

La discusión intelectual que se daba entre Albert Einstein y el físico Bohr, se centraba en la forma de energías de los átomos, tomando en cuenta que sus orbitales no son definibles como por ejemplo la órbita de la tierra, ya que no se puede hablar de fuerza gravitacional en un átomo que por sí solo cuenta con una carga cero, pero las fuerzas que movilizan su estructura son coulombicas.

(Viene de la página anterior)

Charles Augustin de Coulomb describe un modelo por medio del cual se define la regla de este proceder del átomo, y que dice: cargas diferentes se atraen y similares, se repelen.

Mediante una balanza de torsión, Coulomb encontró que la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales (cuerpos cargados cuyas dimensiones son despreciables comparadas con la distancia r que las separa) es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

El valor de la constante de proporcionalidad depende de las unidades en las que se exprese F , q , q' y r . En el Sistema Internacional de Unidades de Medida vale $9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$.

Obsérvese que la ley de Coulomb tiene la misma forma funcional que la ley de la Gravitación Universal.

Al hacer la teoría Bohr, acepto que tenía que completar el modelo del átomo con fundamentos de la teoría cuántica la cual era insipiente en 1911, cuando se empezaba a visualizar todo este asunto para darle personalidad al átomo.

Darle el carácter que tiene el electrón referente a dualidad onda, partícula, revelaba en el modelo de Bohr, que necesitaba las propiedades de la teoría cuántica.

El átomo se puede caracterizar por espacio vacío, en el centro el núcleo está cargado positivamente, a su vez el núcleo está formado por protones y neutrones los cuales están rodeados por una nube de electrones con carga eléctrica negativa. ¿De qué forma definiría lo que significa átomo?

En busca de una explicación sencilla podría concluir con lo siguiente: En el concepto del átomo tenemos nubes de probabilidad energéticas que se proyecta a través y en torno al electrón, el cual gira en torno al átomo, tomando en cuenta que su trayectoria es diversa y dependerá de otros factores, como por ejemplo el principio de incertidumbre, recordemos un poco acerca de este concepto, donde se afirma la imposibilidad de reducir el error en la posición sin incrementar el error en el momento: Werner Heisenberg demostró que no nos será posible idear un método para localizar la posición de la partícula subatómica mientras no estemos dispuestos a aceptar la incertidumbre absoluta respecto a su posición exacta. Es imposible calcular ambos datos con exactitud al mismo tiempo.

Siendo así, no podrá haber una ausencia completa de energía ni en el cero absoluto siquiera. Si la energía alcanzara el punto cero y las partículas quedaran totalmente inmóviles, sólo sería necesario determinar su posición, puesto que la velocidad equivaldría a cero. Por tanto, sería de esperar que subsistiera alguna “energía residual del punto cero”, incluso en el cero absoluto, para mantener las partículas en movimiento y también, por así decirlo, nuestra incertidumbre. Esa energía “punto cero” es lo que no se puede eliminar, lo que basta para mantener líquido el helio incluso en el cero absoluto.

Un experimento pensado que imaginó Heisenberg nos servirá para ilustrar esta particularidad del microcosmos, donde las operaciones para medir el ímpetu de una partícula microscópica interfieren con las que se deben realizar para determinar su posición. Su razonamiento es el siguiente: cuando observamos una partícula, debemos verla en alguna forma y para ello se requiere iluminarla con luz de frecuencia apropiada. Mientras más pequeña sea la partícula, necesitamos luz de menor longitud de onda y, por lo tanto, de mayor frecuencia. Como $E = h\nu$, lo anterior implica usar fotones más energéticos, que deben rebotar en la partícula para luego llegar a nuestro ojo, al microscopio o a cualquier otro detector que empleemos. Por tanto, la velocidad de la partícula sufre cambios siempre mayores, pues la colisión con los fotones cada vez más energéticos la altera más. En otros términos, a medida que deseamos fijar con mayor precisión la posición de una partícula, la medición de su velocidad se torna más imprecisa.

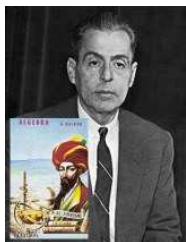
Éste es el contenido básico del principio de incertidumbre, que Heisenberg formuló en 1927: el producto de los errores con que podemos medir posición e ímpetu de una partícula tiene un mínimo, que es inherente a la naturaleza y que está dado por la constante h de Planck.

En 1930, Einstein demostró que el principio de incertidumbre implicaba también la imposibilidad de reducir el error en la medición de energía sin acrecentar la incertidumbre del tiempo durante el cual se toma la medida. Él creyó poder utilizar esta tesis como trampolín para refutar el principio de incertidumbre, pero Bohr procedió a demostrar que la refutación tentativa de Einstein era errónea.

A decir verdad, la versión de la incertidumbre, según Einstein, resultó ser muy útil, pues significó que en un proceso subatómico se podía violar durante breves lapsos la ley sobre conservación de energía siempre y cuando se hiciese volver todo al estado de conservación cuando concluyesen esos períodos: cuanto mayor sea la desviación de la conservación, tanto más breves serán los intervalos de tiempo tolerables. Yukawa aprovechó esta noción para elaborar su teoría de los piones. Incluso posibilitó la elucidación de ciertos fenómenos subatómicos presuponiendo que las partículas nacían de la nada como un reto a la energía de conservación, pero se extinguían antes del tiempo asignado a su detección, por lo cual eran sólo “partículas virtuales”. Hacia fines de la década 1940-1950, tres hombres elaboraron la teoría sobre esas partículas virtuales: fueron los físicos norteamericanos Julian Schwinger y Richard Phillips Feynman y el físico japonés Sin-itiro Tomonaga. Para recompensar ese trabajo, se les concedió a los tres el premio Nóbel de Física en 1965.

Sin duda notamos que es todo un universo el valor y características del átomo y muchísimos científicos en el mundo han creado alternativas para su entendimiento y utilización que cada día acrecienta su valor exponencial, asunto muy gratificante para los tecnólogos y científicos, lo mismo que para todos nosotros que vivimos utilizando artefactos vanguardistas que surgen de los adelantos científicos.

GALERÍA



AURELIO BALDOR
(1906-1978)

Aurelio Baldor nació en La Habana, Cuba. Abogado y matemático que se encerraba durante largas jornadas en su habitación, armado sólo de lápiz y papel, para escribir textos que desde 1941 han llegado a interesar, emocionar pero también a preocupar a millones de estudiantes de toda Latinoamérica: *Álgebra*, *Aritmética*, *Trigonometría* y *Geometría Analítica*.

El *Algebra* de Baldor, aun más que El Quijote de la Mancha, es el libro más consultado en los colegios y escuelas desde Tijuana (México)

hasta la Patagonia (Argentina y Chile). Tenebroso para algunos, misterioso para otros y definitivamente indescifrable para los adolescentes que intentan resolver sus "misceláneas" a altas horas de la madrugada, es un texto que permanece en la cabeza de tres generaciones que ignoran que su autor, Aurelio Ángel Baldor, no es el terrible hombre árabe que observa con desdén calculado a sus alumnos amedrentados, sino el hijo menor de Gertrudis y Daniel, nacido el 22 de octubre de 1906 en La Habana, y portador de un apellido que significa "valle de oro" y que viajó desde Bélgica hasta Cuba sin tocar la tierra de Scherezada.

Daniel Baldor reside en Miami y es el tercero de los siete hijos del célebre matemático. Inversor, consultor y hombre de finanzas, Daniel vivió junto a sus padres, sus seis hermanos y la abnegada nana negra que los acompañó durante más de cincuenta años. "Aurelio Baldor era el educador más importante de la isla cubana durante los años cuarenta y cincuenta. Fue fundador y director del Colegio Baldor, una institución que tenía 3.500 alumnos y 32 buses en la calle 23 y 4, en la exclusiva zona residencial del Vedado. Un hombre tranquilo y enorme, enamorado de la enseñanza y de mi madre, quien hoy lo sobrevive, y que pasaba el día ideando acertijos matemáticos y juegos con números", recuerda Daniel, y evoca a su padre caminando con sus 100 kilos de peso y su proverbial altura de un metro con noventa y cinco centímetros por los corredores del colegio, siempre con un cigarrillo en la boca, recitando frases de Martí y con su álgebra bajo el brazo, que para entonces, en lugar del retrato del sabio árabe intimidante, lucía una sobria carátula roja.

Los Baldor vivían en las playas de Tarará en una casa grande y lujosa donde las puestas de sol se despedían con un color distinto cada tarde y donde el profesor dedicaba sus tardes a leer, a crear nuevos ejercicios matemáticos y a fumar, la única pasión que lo distraía por instantes de los números y las ecuaciones. La casa aún existe y la administra el Estado cubano. Hoy hace parte de una villa turística para extranjeros que pagan cerca de dos mil dólares para pasar una semana de verano.

"Mi padre era un hombre devoto de Dios, de la patria y de su familia", afirma Daniel. "Cada día rezábamos el rosario y todos los domingos, sin falta, íbamos a misa de seis, una costumbre que nunca perdió". Eran los días de riqueza y filantropía, días en que los Baldor ocupaban una posición privilegiada en la escalera social de la isla y que se esmeraban en distribuir justicia social por medio de becas en el colegio y ayuda económica para los enfermos de cáncer.

Sale de Cuba por inconvenientes con la revolución que se imponía en la isla para la época. "Nos vamos de vacaciones para México, nos dijo mi papá. Nos reunió a todos, y como si se tratara de una clase de

geometría nos explicó con precisión milimétrica cómo teníamos que prepararnos. Era el 19 de julio de 1960 y él estaba más sombrío que de costumbre. Mi padre era un hombre que no dejaba traslucir sus emociones, muy analítico, de una fachada estricta, durísima, pero ese día algo misterioso en su mirada nos decía que las cosas no andaban bien y que el viaje no era de recreo", dice el hijo de Baldor.

Un vuelo de Mexicana de Aviación los dejó en la capital azteca. La respiración de Aurelio Baldor estaba agitada, intranquila, como si el aire mexicano le advirtiera que jamás regresaría a su isla y que moriría lejos, en el exilio. El profesor, además del dolor del destierro, cargaba con otro temor. Era infalible en matemáticas y jamás se equivocaba en las cuentas, así que si calculaba bien, el dinero que llevaba le alcanzaría apenas para algunos meses. Partía acompañado de una pobreza monacal que ya sus libros no podrían resolver, pues doce años atrás había vendido los derechos de su álgebra y su aritmética a Publicaciones Culturales, una editorial mexicana, y había invertido el dinero en su escuela y su país.

Los Baldor, incluida la nana, se estacionaron con paciencia durante 14 días en México y después se trasladaron hasta Nueva Orleans, en Estados Unidos, donde se encontraron con el fantasma vivo de la segregación racial. Aurelio, su mujer y sus hijos eran de color blanco y no tenían problemas, pero Magdalena, la nana, una soberbia mulata cubana, tenía que separarse de ellos si subían a un bus o llegaban a un lugar público.

Aurelio Baldor, heredero de los ideales libertarios de José Martí, no soportó el trato y decidió llevarse a la familia hasta Nueva York, donde consiguió alojamiento en el segundo piso de la propiedad de un italiano en Brooklyn, un vecindario formado por inmigrantes puertorriqueños, italianos, judíos y por toda la melancolía de la pobreza. El profesor, hombre friolento por naturaleza, sufrió aun más por la falta de agua caliente en su nueva vivienda, que por el desolador panorama que percibía desde la única ventana del segundo piso.

La aristocrática familia que invitaba a cenar a ministros y grandes intelectuales de toda América a su hermosa casa de las playas de Tarará, estaba condenada a vivir en el exilio, hacinada en medio del olvido y la sordidez de Brooklyn, mientras que la junta revolucionaria declaraba la nacionalización del Colegio Baldor y la expropiación de la casa del director, que sirvió durante años como escuela revolucionaria para formar a los célebres "pioneros". La suerte del colegio fue distinta. Hoy se llama Colegio Español y en él estudian 500 estudiantes pertenecientes a la Unión Europea. Ningún niño nacido en Cuba puede pisar la escuela que Baldor había construido para sus compatriotas.

Aurelio Baldor trató en vano de recuperar su vida. Fue a clases de inglés junto a sus hijos a la Universidad de Nueva York y al poco tiempo ya dictaba una cátedra en Saint Peters College, en Nueva Jersey. Se esforzó para terminar la educación de sus hijos y cada uno encontró la profesión con que soñaba: un profesor de literatura, dos ingenieros, un inversionista, dos administradores y una secretaria. Ninguno siguió el camino de las matemáticas, aunque todos continuaron aceptando los desafíos mentales y los juegos con que los retaba su padre todos los días.

Con los años, Baldor se había forjado un importante prestigio intelectual en los Estados Unidos y había dejado atrás las dificultades de la pobreza. Sin embargo, el maestro no pudo ser feliz fuera de Cuba. No lo fue en Nueva York como profesor, ni en Miami donde vivió su retiro acompañado de Moraima, su mujer, quien hoy tiene 89 años y recuerda a su marido como el hombre más valiente de todos cuantos nacieron en el planeta. Baldor jamás recuperó sus fantásticos cien kilos de peso y se encorvó poco a poco como una palmera monumental que no puede soportar el peso del cielo sobre sí. "El exilio le supo a jugo de piña verde. Mi padre se murió con la esperanza de volver", asegura su hijo Daniel.

El autor del *Algebra* de Baldor falleció en la mañana del 3 de abril de 1978, como consecuencia de un enfisema pulmonar que acabó con su salud.

LECCIONES DE VIDA

Ayer por la mañana, al levantarme, encontré bajo mi puerta un sobre extraño, el papel era grueso y gris, como una especie de "aleación" de papel y metal, no era rígido, no tiene estampilla pero mi nombre y dirección están claramente escritos; lo abrí con suma curiosidad, al extender las hojas, me extrañó que la letra, escrita a mano, me era familiar, y lo más sorprendente es la fecha y el contenido, el cual comparto con ustedes.

Asunto: Carta escrita en el año 2070

Año 2070 Acabo de cumplir los 50, pero mi apariencia es la de alguien de 85. Tengo serios problemas renales porque bebo muy poca agua. Creo que me queda poco tiempo. Hoy soy una de las personas más longevas en esta sociedad. Recuerdo cuando tenía 5 años:

Todo era muy diferente. Había muchos árboles en los parques, las casas tenían hermosos jardines y yo podía disfrutar de un baño de ducha hasta por una hora. Ahora usamos toallas empapadas en aceite mineral para limpiar la piel.

Antes todas las mujeres lucían su hermosa cabellera. Ahora debemos afeitarnos la cabeza para poder mantenerla limpia sin agua. Antes mi padre lavaba el auto con el chorro de la manguera. Hoy los niños no pueden creer que el agua se utilizara de esa forma.

Recuerdo que había muchos anuncios que decían "cuida el agua", sin que nadie los tomara en cuenta..., pensábamos que el agua jamás se podía

terminar. Ahora, todos los ríos, presas, lagunas y mantos acuíferos están irreversiblemente contaminados o agotados.

Antes la cantidad de agua indicada como ideal para beber eran de ocho vasos al día por persona adulta. Hoy solo puedo beber medio vaso. La ropa es desechable, con lo que aumenta grandemente la cantidad de basura; hemos tenido que volver al uso de los pozos sépticos como en el siglo pasado porque ya las redes de desagües no se usan por la falta de agua.

La apariencia de la población hoy es horrorosa; cuerpos demacrados, arrugados por la deshidratación, llenos de llagas en la piel por los rayos ultravioletas que ya no tienen la capa de ozono que los filtraba en la atmósfera, inmensos desiertos

constituyen el paisaje que nos rodea por doquier.

Las infecciones gastrointestinales, enfermedades de la piel y de las vías urinarias. son las principales causas de muerte.

La industria está paralizada y el desempleo es dramático. Las plantas desalinizadoras son la principal fuente de empleo y te pagan con agua potable en vez de salario.

Los asaltos por un bidón de agua son asunto común hoy en las calles desoladas. La comida es 80% sintética. Por la resequead de la piel una joven de 20 años luce como si tuviera 40.

Los científicos investigan, pero no hay solución posible. No se puede fabricar agua, el oxígeno también se ha degradado por falta de árboles lo que ha disminuido el coeficiente intelectual de las nuevas generaciones. Se ha alterado la morfología del espermatozoide de muchos individuos, como consecuencia hay muchos niños con insuficiencias, mutaciones y deformaciones.

El gobierno incluso nos cobra por el aire que respiramos:

137 m3 por día por habitante adulto. La gente que no puede pagar es arrojada de las "zonas ventiladas", que están dotadas de gigantescos pulmones mecánicos que funcionan con energía solar, no es de buena calidad pero se puede respirar; la edad promedio es de 35 años.

En algunos países quedan manchas de vegetación con su respectivo río que es fuertemente custodiado por el ejército, el agua se ha vuelto un tesoro muy codiciado, más que el oro o los diamantes.

Aquí en cambio, no hay árboles porque casi nunca llueve, y cuando llega a registrarse una precipitación, es de lluvia ácida; las estaciones del año han sido severamente transformadas por las pruebas atómicas y la industria contaminante del siglo XX.

Se advirtió entonces que había que "cuidar el medio ambiente" y nadie hizo caso. Cuando mi hija me pide que le hable de cuando era joven le describo lo hermoso que eran los bosques, le hablo de la lluvia, de las flores, de lo agradable que era bañarse y poder pescar en los ríos y embalses, beber toda el agua que quisiera, lo saludable que era la gente.

Ella me pregunta: Papá, ¿Por qué se acabó el agua?.....! Entonces, siento un nudo en la garganta; no puedo dejar de sentirme culpable, porque pertenezco a la

generación que terminó de destruir el medio ambiente o simplemente no tomamos en serio tantas advertencias. Ahora nuestros hijos pagan un alto precio y sinceramente creo que la vida en la tierra ya no será posible dentro de muy poco porque la destrucción del medio ambiente llegó a un punto irreversible.

¡Como quisiera regresar el tiempo y hacer que toda la humanidad comprendiera esto cuando aún podíamos hacer algo para salvar a nuestro planeta tierra...!

(Documento extraído de la revista biográfica "Crónica de los Tiempos" de abril de 2002).

Comisión Mixta Asháninka
CIAMB-PERU

Secretaría de Relaciones
Públicas, Prensa, Propaganda
e Imagen Comunal

CIAMB - PERU COMUNIDAD
INDIGENA ASHANINKA MARANKIARI
BAJO
Río Perene - Amazonia Central
del Perú

AMENIDADES

1. ¿Qué año sigue al 356 antes de Cristo? **355 antes de Cristo.**
2. ¿Por qué condimento pagan los chefs el precio más alto? **Azafrán.**
3. ¿Cómo se denomina al toro que no guarda una simetría perfecta entre sus astas? **Bizzo.**
4. ¿A qué lado se sitúan las copas de vino en la mesa? **A la derecha.**
5. ¿Qué elemento falta en esta relación de lanzamientos: peso, jabalina, disco y...? **Martillo.**
6. ¿En qué mano llevaba Charles Chaplin su bastón? **En la izquierda.**
7. ¿Cuál es la enfermedad no contagiosa más común del mundo? **La caries.**
8. ¿Qué rasgo facial común contiene aproximadamente 550 pelos? **La ceja.**
9. ¿Qué hay en el cuerpo humano en cantidad aproximada a 640? **Músculos.**
10. ¿Cuál es el idioma más hablado en Bélgica? **El francés.**