



COLECCIÓN ANIVERSARIO

**Esquicio histórico de la
Física. Conferencias
conmemorativas**



Luis Manuel Méndez Pérez

COLECCIÓN ANIVERSARIO

**Esquicio histórico de
la Física. Conferencias
conmemorativas**



Luis Manuel Méndez Pérez



Ediciones UO



Edición: Lidia de las Mercedes Ferrer Tellez
Composición: Carlos Manuel Rodríguez García
Diseño de cubierta: Adrian Amed Garcia
Jardines

Imagen de cubierta: ilustración de Enrique
Marañón Calderín, publicada en la revista
Santiago, no. 47, 1982 (fragmento)

© Luis Manuel Méndez Pérez, 2022

© Sobre la presente edición
Ediciones UO, 2022

ISBN: 978-959-207-698-3

EDICIONES UO

Ave. Patricio Lumumba no. 507

entre Ave. de las Américas y Calle 1ra

Reperto Jiménez, CP 90500

e-mail: edicionesuo@gmail.com

www.facebook.com/edicionesuo

página web: <https://ediciones.uo.edu.cu>

Este texto se publica bajo licencia Creative Commons *Atribucion-NoComercial-NoDerivadas* (CC- BY-NC-ND 4.0). Se permite la reproducción parcial o total de este libro, su tratamiento informático, su transmisión por cualquier forma o medio (electrónico, mecánico, por fotocopia u otros) siempre que se indique la fuente cuando sea usado en publicaciones o difusión por cualquier medio.

Se prohíbe la reproducción de la cubierta de este libro con fines comerciales sin el consentimiento escrito de los dueños del derecho de autor. Puede ser exhibida por terceros si se declaran los créditos correspondientes

Presentación

La riqueza y belleza de los matices que rodean los descubrimientos trascendentales en el desarrollo histórico de la Física son muy diversos y, a su vez, peculiares o propios de cada hecho en particular. Pero tienen en común, aquello de ser una fuente inagotable de enseñanza en la que todos los que nos dedicamos a la ciencia debemos de beber y promover su divulgación, estudio y análisis.

La historia de las ciencias nos presenta una visión respecto a la naturaleza de las investigaciones y el desarrollo científico que no se encuentran en los libros de textos, estos libros enfatizan en los resultados, a los cuáles la ciencia llegó —las teorías y conceptos que aceptamos, las técnicas de análisis que utilizamos— pero no presentan otros aspectos de la ciencia. ¿De qué forma las teorías y los conceptos se desarrollaron? ¿Cómo trabajan los científicos?

Conocer la historia de las ciencias evita cometer imprecisiones como las publicadas en el periódico *Juventud Rebelde* del 22 marzo de 2019 en el que se escribió: “Mendeleiev organizó los elementos según el número atómico, la configuración de electrones y las propiedades químicas de los elementos”. Como Mendeleiev organizó su tabla en 1869 y falleció en 1907, no pudo conocer el concepto de número atómico que surge después del modelo nuclear del átomo de Rutherford en 1911, ni la configuración de electrones de los átomos se conoció entre los años 1926-1927. Mendeleiev solo tuvo en cuenta las propiedades químicas de los elementos y su peso atómico para hacer su tabla.

Aunque el desarrollo histórico de las ciencias y en particular de la física es un proceso continuo de acumulación y ordenamiento de nuestros conocimientos sobre el Universo en que vivimos, a su vez se caracteriza por presentar etapas impulsivas, decisivas para la profundización y ampliación del horizonte en la comprensión de los enigmas de la naturaleza, con momentos trascendentales por los hechos acaecidos, con el fin de divulgar los mismos, el autor ha dictado diferentes conferencias conmemorativas en los aniversarios de estas fechas trascendentales en la historia de la Física.

La compilación de estas conferencias constituyen el presente libro: *Esquicio histórico de la Física. Conferencias conmemorativas*, que rememoran momentos de la Física a nivel mundial como: la publicación de los *Principios...* por Newton en 1686, los hechos que se consideraron por la Unesco para declarar al 2015 como año internacional de la luz, el descubrimiento de la radioactividad por Becquerel en 1896, la determinación de la relación carga eléctrica a la masa de los electrones por Thomson en 1897, la detección del antineutrino electrónico por Reines y Cowan en 1956, figura de Albert Einstein en 2005 año internacional de la Física; pero también a nivel nacional como: la recordación del 155 aniversario del fallecimiento y el 220 del natalicio de Félix Varela y Morales, centenario del natalicio del Dr. Roberto J. Soto del Rey, 50 aniversario del inicio de la formación de Físicos en la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

Los materiales que conforman algunos de los capítulos del texto han sido ya utilizados como bibliografía en la preparación de los estudiantes para seminarios en las asignaturas de Historia de la Física, Física General VI y Electrodinámica I de la carrera de Licenciatura en Física de la Universidad de Oriente.

Este libro se propone como material docente para la asignatura Historia de la Física de las carreras de Licenciatura en Física y Licenciatura en Educación. Física que ofrece el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente, pero es también una vía de comunicación, divulgación y transmisión del conocimiento científico de la Física de manera formal en un curso breve In-

troductorio de Historia de la Física o de manera informal para contribuir a elevar la cultura científica de la física en el seno de la población en general.

El autor

***Philosophie Naturalis Principia Mathematica*: comentarios sobre su estructura y contenido¹**

El editor inglés S. Pepys, en su labor habitual, plasma la fecha Julii 5, 1786 en una obra que ve la luz en julio del siguiente año, del autor y profesor del Trinity College, Sir Isacc Newton (1643-1727).

El título de la obra era corto, solo cuatro palabras: *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, que rompe con la tradición escolástica general del medioevo en la que los títulos de las obras eran largos. Tal vez el editor se percató de ese hecho, pero quizás no de la trascendencia de la obra que marcó un cambio decisivo en el desarrollo de una de las ciencias naturales más antiguas, la Mecánica, al romper con las viejas ideas aristotélicas petrificadas por las doctrinas escolásticas y recoger las nuevas ideas surgidas en el Renacimiento en el nuevo amanecer científico de la humanidad.

En ocasión de este 305 aniversario de la publicación de la obra *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, que fuera juzgada por Lagrange “como la más alta producción del espíritu”, y por tener nosotros el privilegio de contar en el fondo de la Biblioteca Universitaria Francisco Martínez Anaya, entre sus adquisiciones de los años de la década de 1980, con la primera obra, la más antigua de la Física Clásica, en su primera versión en español de 1982, *Los Principios Matemáticos del Filosofía Natural* editada por Antonio Escohotado, no nos sucede como este editor narra y que le impulsó a editar la obra cuando la solicitó

¹ Conferencia dictada en julio de 1992 en conmemoración de los 305 años de la publicación de los *Principios...* por Newton.

en la Sección de Física Matemática de la Biblioteca del Consejo Superior de Investigaciones Científica de España y muy amablemente la bibliotecaria le preguntó si casualmente él no había cometido un error al escribir el nombre del autor, si el autor no era Newman, pues ese señor Newton no aparecía en ninguna de las fichas de la biblioteca. La vinculación de lo anterior con mi idea de —para comprender y explicar bien la física es necesario introducirse en su historia—, me motivó a realizar estos comentarios sobre *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*.

Antecedentes de los *Principios* de Newton

La Mecánica, cuyos fundamentos actuales son los plasmados por Newton en sus *Principios*, tiene sus inicios en los luminosos y esplendorosos días de la ciencia y la filosofía existentes en la Antigua Grecia, donde se desarrolló fundamentalmente la rama de la Estática, cuyas bases científicas fueron establecidas por Arquímedes (287-212 a.n.e.) al dar solución exacta del problema acerca de la palanca, crear las concepciones sobre el centro de gravedad, descubrir la ley de la Hidrostática que hoy lleva su nombre, entre otros.

Aristóteles (384-322 a.n.e.)

Mientras, los aspectos relativos al movimiento fueron desarrollados en la escuela peripatética de Aristóteles (384-322 a.n.e.). La concepción de esta Mecánica peripatética se establece a partir de los siguientes principios:

- El movimiento es todo cambio en general, las transformaciones posibles (potenciales) en reales denominadas *entelequia*. El desplazamiento mecánico es un tipo de movimiento.
- Todos los movimientos se dividen en naturales y forzados.

Los naturales son:

- El movimiento de los cuerpos celestes, circular alrededor de la Tierra esférica e inmóvil, el Sistema de Referencia fijo a la Tierra.

- El movimiento vertical en la Tierra del cuerpo absolutamente pesado hacia abajo y del absolutamente ligero hacia arriba.

Los forzados son todos los otros movimientos en la Tierra por la acción de otros cuerpos.

Los movimientos celestes están totalmente desvinculados de los terrestres, son dos tipos de movimiento de naturaleza diferente, planteándose una clara distinción y delimitación entre ellos.

- La imposibilidad de la existencia del vacío, *horror vacum*, y, por ende, del movimiento mecánico en este.

De esta Mecánica aristotélica resultan interesantes, por poco difundidos y divulgados, algunos párrafos de su obra *Física*, específicamente del epígrafe 8 del Libro IV, como:

Nadie puede decir ¿por qué un cuerpo llevado al movimiento, en alguna parte se detiene? o ¿por qué se detiene más rápido aquí que allá? Por tanto, a él le es necesario o mantenerse en reposo o infinitamente moverse, sino lo molesta algo más fuerte.

Más adelante, analiza el movimiento de un cuerpo en diferentes medios (agua y aire) con diferentes espesores y llega a la conclusión de que, entre más fino y ligero sea el aire respecto al agua, en esa proporción es más rápido el movimiento del cuerpo, o sea, recorre la misma distancia en menos tiempo, pues escribe:

Y siempre y cuando el medio a través del cual tiene lugar el movimiento sea más ligero, menos influencia ejerce y es más rápido el desplazamiento. Para el vacío no existe esa proporcionalidad, tal y como se tiene con relación al cero en los números. Si el 4 supera al 3 en una unidad, al 2 en 2, no hay ninguna relación en que el 4 supere a otro número en cero. De lo que se infiere que el vacío no existe, nada irá arriba ni abajo porque en el vacío ellos no se diferencian...

Aristóteles teme al vacío, para él la materia se distribuye de forma continua en el espacio, por lo que no hay movimiento en el vacío. Esta última idea contradice el embrión de la ley de la inercia en su enunciado: “Al cuerpo le es necesario o

mantenerse en reposo o infinitamente moverse, sino lo molesta algo más fuerte”; lo cual niega que pueda suceder, por la no existencia del vacío.

Estos puntos débiles de la Mecánica de Aristóteles, junto a su Sistema del Mundo, el geocentrismo y los movimientos en la Tierra desvinculados de los celestes al “petrificarse”, dan inicio al alba de la larga, oscura y tempestuosa noche de la época medieval en que se durmió la ciencia, por obra y gracia de la escolástica, al subordinar la razón a la fe.

Hasta que las primeras luces de la aurora del nuevo día emitido por los luminosos soles, entre otros de Galileo Galilei y Renatus Cartesius, como máximos exponentes de la República de los sabios del siglo xvii, anuncian el advenimiento de un nuevo porvenir para la ciencia. Ambos tienen mucho en común: primero, son contemporáneos; segundo, fueron precursores directos de la metodología de la ciencia moderna.

Galileo Galilei (1564-1642)

Analicemos brevemente algunos de los aspectos esenciales de las ideas galileanas, que se reflejan en los *Principia...* de Newton.

1. Acepta el sistema del mundo copernicano y plantea como hipótesis la rotación de la Tierra alrededor de su propio eje.
2. Establece el modo de investigar la naturaleza por la experiencia, la reproducción del fenómeno o el fenómeno *ex novo*. Comprobando con las mediciones la veracidad de un esquema racional y teórico. Galileo dice “querer medir lo medible y hacer medible lo que todavía no lo es”.
3. Define la aceleración de la gravedad por $g = (v / t)$ y $s = (1/2)gt^2$ según mediciones, y, según resultados experimentales con planos inclinados, las generaliza a: $a = (v / t)$ y $s = (1/2)at^2$.
4. Con lo anterior ya en sus manos y empleando la geometría, utilizando un paralelogramo de los desplazamientos y el principio de superposición, explica la trayectoria parabólica de los proyectiles.
5. Supone que la medida de los *impeti* puede realizarse mediante la mínima fuerza estática capaz de oponerse al mo-

vimiento en un plano inclinado. Y afirma que los *impeti* son proporcionales a la velocidad que adquieren en un tiempo determinado los graves a los que los *impetis* son aplicados: $f. t \sim v$. Galilei siempre analiza el movimiento de un cuerpo.

6. La inercia en Galilei estaba implícita en lo anterior: si no hay *impetis*, porque no hay fuerzas, la velocidad del grave no cambia. En los *Diálogos sobre dos Nuevas Ciencias*, Salviati dice: “también el movimiento en el plano horizontal, si se remueven todos los demás obstáculos, debiera ser uniforme y perpetuo”.

René Descartes (1596-1650)

Las ideas cartesianas que se reflejan en los *Principia...* de Newton son:

1. Acepta, independientemente de Galileo, el sistema copernicano y pone a la Tierra a rotar sobre su propio eje.
2. Establece el método de la idealización mecánico-matemática del mundo, el proceso de formación de los objetos ideales: a) modelos físicos: los puntos e hilos matemático; b) la matematización de la física y la fisicalización de la matemática, la fusión de la Mecánica con la Geometría, o sea, la modelación matemática y los modelos físicos.
3. Resuelve matemáticamente el siguiente problema: Una piedra cae desde A hasta B en una hora; ella es arrastrada hacia la Tierra por una misma fuerza y no pierde nada de la velocidad que le fue transmitida por la gravedad precedente, ya que todo aquello que se mueve en el vacío se mueve (según Breckman, quien le propuso el problema) eternamente. En qué tiempo la piedra recorrerá cierta distancia dada? Esto es la caída libre de los cuerpos. Aunque, para Descartes, el espacio siempre está lleno de una sustancia homogénea, que no es el vacío, aunque tampoco es el aire.
4. Con la geometría llega a la independencia y relatividad del movimiento. Lo primero al plantear: Es cierto que no podemos atribuir a un mismo móvil más que un movimiento.

5. A partir del primer impulso, según Descartes dado por Dios con su fuerza —la materia adquiere determinado movimiento, (cantidad de movimiento) que, a partir de entonces, se mantiene invariable. Cuando una parte de la materia se mueve dos veces más rápido que otra y esta otra es dos veces mayor que la primera, debemos pensar que en la más pequeña hay tanto movimiento como en la más grande. Esto no es más que la conservación de la cantidad de movimiento.
6. Descartes plantea en sus principios filosóficos dos leyes, a saber: cada cosa se mantiene en su mismo estado, sin cambiar jamás, como no sea por causas externas; cada parte de la materia no tiende jamás a moverse siguiendo líneas curvas, sino líneas rectas.

Al conjugar ambas proposiciones se tiene la ley de la inercia y de ellas deduce:

7. A partir del movimiento de una honda infiere la existencia de la fuerza centrípeta y la de su reacción la fuerza centrífuga, sin precisar la naturaleza y magnitud de ellas.

A este espectro amplio, un tanto desordenado del conocimiento de los movimientos mecánicos, hay que añadir que se está en la época del surgimiento y desarrollo de las primeras maquinarias, en que el movimiento hay que transmitirlo o “transportarlo” de una parte a otra, o sea, del motor por mecanismos de transmisión como el cigüeñal, transformando el movimiento hacia adelante y hacia atrás en uno de rotación o a la inversa, hasta la parte ejecutora.

La construcción de las maquinarias exige *a priori* un diseño en que se conozca la cinemática del movimiento de una parte a otra mediante elementos geométricos. Hay una necesidad para el incipiente desarrollo industrial de la unión de la geometría con el movimiento mecánico, a la vez de describirlo mediante algoritmos, y no solo la imagen diferencial del movimiento (en un punto), sino la imagen integral como un todo.

Estructura y contenido de los Principios

Estructura

Como antes se expresó, los conocimientos del movimiento mecánico estaban constituidos por una serie de ideas, conceptos, resultados experimentales, deducciones, etc., un tanto desvinculados entre sí y expresados de formas diferentes.

Es cuando Newton, quizás interpretando a William Shakespeare (1564-1616) al poner en voz de Hamlet las frases siguientes: ¡El mundo está fuera de juicio! ¡Que haya nacido yo para ponerlo en orden! se haya dedicado a escribir sus *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, cuyo prefacio comienza:

Como los antiguos (según cuenta Pappus) consideraban de la mayor importancia la mecánica para la investigación de las cosas naturales y como los modernos —rechazando formas sustanciales y cualidades ocultas— han intentado reducir los fenómenos de la naturaleza a leyes matemáticas, he querido en este trabajo cultivar las matemáticas en tanto en cuanto se relaciona con la filosofía. Los antiguos consideraban dos aspectos en la mecánica: el racional, que procede con exactitud mediante demostraciones, y el práctico. A la mecánica práctica pertenecen todas las artes manuales, de las que tomó su nombre la mecánica... la descripción de las líneas rectas y los círculos sobre la cual se basa la geometría pertenece a la mecánica. La geometría nos enseña a trazar esas líneas, aunque requiere que sean trazadas... Describirlas es un problema, pero no un problema geométrico. Se exige de la mecánica la solución de ese problema y, cuando está resuelto, la geometría muestra la utilidad de lo aprendido... Por consiguiente, la geometría está basada en la práctica mecánica... la parte que demuestra la exactitud, el arte de medir.

Este prefacio lo firma Newton el 8 de mayo de 1686 y en él se sientan las bases de sus intenciones, entre ellas:

1. La fusión de las ideas de medir y experimentar (práctica) galileana con la geometría (matematización) cartesiana para explicar los fenómenos de la naturaleza, las que deben ir a la par, nutriéndose una de la otra, partiendo de que el

hecho de la observación, lo empírico o experimental que la naturaleza nos revela hay que examinarlo con atención sin ideas preconcebidas; de ellas sacar hipótesis o principios que se expresen de una manera matemática para que el problema quede claro y precisar el modelo matemático.

2. Que la obra se presentará en un lenguaje geométrico, el más accesible para sus contemporáneos (prácticamente inaccesible para nosotros) ya que, en esa época, la matemática se reducía en esencia a la geometría, la trigonometría y a los rudimentos del álgebra. El cálculo integral y diferencial (cálculo de fluxiones) desarrollado por el propio Newton no aparece en la obra, al decir de Laplace por ocultarlo. Es más probable que sea por el posible nivel de ascenso, porque muchos de los problemas Newton los resuelve por cálculo de suma de superficies, o sea, el cálculo integral “disfrazado”.

La obra *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, en su edición española, tiene 723 páginas y está dividida en: Prefacio, Definiciones, Axiomas o leyes del movimiento, Libro I, El movimiento de los cuerpos, con XIV secciones, entre ellas: II Sobre la determinación de fuerzas centrípetas, VI Sobre la determinación del movimiento en órbitas dadas, VIII Sobre la determinación de órbitas en las que giran cuerpos sometidos a cualquier tipo de fuerza centrípeta, XII Sobre las fuerzas atractivas de cuerpos esféricos, XIII Sobre las fuerzas atractivas de cuerpos no esféricos. Por su parte, el Libro II El movimiento de los cuerpos (en medios resistentes), con IX secciones, entre las cuales están: I y II Sobre el movimiento de cuerpos resistidos en la razón de la velocidad y como el cuadrado de su velocidad, respectivamente, III Sobre el movimiento de los cuerpos resistidos a su vez por la razón de su velocidad y de su velocidad al cuadrado; IV Movimiento circular de los cuerpos en medios resistentes (problema que actualmente no se resuelve en los cursos universitarios de mecánica), V Sobre la densidad y compresión de los fluidos; hidrostática; VI Sobre el movimiento y resistencia de los cuerpos pendulares, VII La propagación del movimiento por los fluidos. Mientras que el Libro III Sistema del Mundo (matemáticamente tratado), incluye

Reglas para filosofar, fenómenos, proposiciones, el sistema del mundo.

Definiciones y leyes newtonianas

Los fundamentos teóricos se establecen en las dos primeras partes (Definiciones y Axiomas o leyes del movimiento). Plantea ocho definiciones sobre las cuales se basan las leyes y las aplicaciones de las mismas a los problemas de los libros siguientes; entre las definiciones están:

Definición I: La cantidad de materia es la medida de la misma, surgida de su densidad y magnitud conjuntamente

Da una explicación, aclarando su contenido: el aire de densidad doble en un espacio doble, igualmente es cuádruple en cantidad y séxtuple en un espacio triple. Es esa cantidad la que menciono como masa que se da a conocer como peso de cada cuerpo: la masa es proporcional al peso como he descubierto por experimentos muy precisos con péndulos.

Este concepto, aunque incoherente por definirse a través de la densidad y el espacio (volumen) y sin definir estos, aparece por vez primera, está ausente en las ideas galileanas, y Descartes habla, en general, de materia. Newton, por primera vez, distingue entre los conceptos de peso y masa basándose en experimentos².

Definición II: Cantidad de movimiento es la medida del mismo, surgida de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente

Aclarado: El movimiento del todo es la suma del movimiento de las partes singulares; en un cuerpo con cantidad doble e igual velocidad, el movimiento es doble y cuádruple con velocidad doble.

² Estos conceptos aún en el siglo xxi se confunden, ver: J. J. Guallarón Llaser, L. M. Méndez Pérez, A. Baffa Lourenço, G. Grüninger Gomes Costa, A. C. Hernandez, "Evaluación de las representaciones de los conceptos de peso y masa de los alumnos de la enseñanza media en Sao Carlos y región (Brasil) y en la provincia de Santiago de Cuba (Cuba)", *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, vol. 6, no. 4, pp. 639, 2012.

Se puntualizan las ideas cartesianas del movimiento y de la aclaración se infiere la definición actual de $p = mv$, relación que ya Huygens utilizaba para cuantificar sus experimentos de colisiones entre los cuerpos, pero usando en lugar de la masa el peso.

Definición III: La fuerza ínsita de la materia proporcional a su cuerpo y difiere de la masa por su inactividad. Es la vis inertia. Resiste a todos los cuerpos a mantener su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta

En esta tercera definición se vislumbra que la fuerza ínsita tiende a caracterizar lo que hoy denominamos inercia, o sea, que se acerca más al concepto de masa inercial actual, que el de la primera definición que es la que históricamente se tomó como definición newtoniana de masa. La forma de definir la masa en la primera definición pudiera acercarse más a lo que hoy definimos como masa gravitacional en el sentido de que Newton la haya utilizado para sus cálculos de la fuerza de atracción entre cuerpos esféricos y no esféricos.

Las definiciones IV, V, VII y VIII se refieren a la fuerza impresa, acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta. La definición IV generaliza el impetu galileano y las demás precisan la naturaleza (magnética, gravitatoria) y la magnitud —el peso resulta mayor en un cuerpo mayor y menor en uno menor y en el mismo cuerpo mayor cerca de la Tierra y menor en los cielos)—, así como también las fuerzas centrípetas cartesianas. Se ve en esta definición la unidad y el mismo origen del peso en la Tierra y en el espacio celeste (cielo), pero no se observa distinción entre el peso y la fuerza de atracción gravitatoria entre el cuerpo y la Tierra, lo que puede ser el origen de que actualmente en muchos libros de texto se defina el peso como la fuerza de gravedad.

En Escolios anexos, no define, pero sí trata de puntualizar qué entiende por tiempo, espacio, lugar, movimiento en su sentido absoluto y relativo, refiriendo que son idénticos en aspecto y magnitud.

El espacio lo explica de forma análoga a la habitación de un hotel que puede o no ser ocupada. Con esto es posible que

intente resolver el problema del vacío no admitido por Descartes y temido por Aristóteles.

En la parte de los Axiomas o leyes del movimiento, se conjugan las definiciones anteriores en forma de leyes.

Lex I: Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare. (Ley I: Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas).

Lex II: Mutationem motis proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur. (Ley II: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza).

Lex III: Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sine corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi. (Ley III: Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de los cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias).

En su primera ley sintetiza Newton las ideas galileanas y cartesianas de la inercia, ayudado por su definición de fuerza ínsita (masa) como la medida de la inercia, que Galileo y Descartes no tenían.

En la segunda ley se sintetizan los *impetis galileanos* y la adquisición de movimiento (cantidad de movimiento) mediante la fuerza impresa, que eran preconceptos cartesianos.

En la tercera se generaliza el concepto de fuerza, no solo como el efecto muscular surgido en la Antigua Grecia (como lo usaba Penélope al darle el arco de Ulises a los recién llegados para corroborar si era verdaderamente Ulises), ni en el sentido de la fuerza estática de los *impetis galileanos* y, a diferencia de Galileo, ya no solo analiza un solo cuerpo, sino un sistema de cuerpos, al menos el de dos, destacando la interacción entre ellos.

Anexa varios corolarios a estas leyes, entre ellos, los relativos a: 1) El principio de superposición, vislumbrado por Galileo

y Descartes; 2) La conservación de la cantidad de movimiento en un sistema de cuerpos, ya considerado por Descartes; 3) El movimiento del centro de masa de un sistema de cuerpos.

Y, en un escolio, escribe:

Hasta aquí he expuesto principios aceptados por los matemáticos y confirmados por experiencias múltiples. Por medio de las dos primeras leyes y los dos primeros colorarios, Galilei descubrió que la caída de los graves variaba como el cuadrado del tiempo, y que el movimiento de los proyectiles seguía la curva de una parábola, hallazgos ambos acordes con la experiencia, considerando que tales movimientos se ven un poco retrasados por la resistencia del aire.

Partiendo de esas leyes y de la III, Sir Christopher, el Dr. Willis y el Sr. Huygens, los mejores geómetras de nuestros tiempos, determinaron de diversos modos las reglas de impacto y reflexión de los cuerpos duros mediante experimentos sobre péndulos. Pero, para llevar este experimento a un acuerdo con la teoría, hemos de tomar en cuenta tanto la resistencia del aire como la fuerza elástica de los cuerpos concurrentes.

Con esto, en primer lugar, Newton reconoce en la personalidades de Galilei, Huygens, etc., —los hombros de gigantes a los que se subió— frase esta que también escribe en estos escolios, mostrando que todo no fue creado por él; en segundo lugar, deja claro el principio metodológico de la investigación científica referente a la corroboración de su teoría en los experimentos realizados en la Tierra y de cuyo conocimiento empírico parte.

Ya brilla refulgente y firme en el horizonte el Sol del nuevo día para la ciencia, ya amaneció y el día hermoso continua lentamente su curso hasta la actualidad. Newton, el Hamlet de la física, hasta esta parte de los principios, ha comenzado a “ordenar” el mundo.

Problemas propuestos y resueltos por Newton

En los Libros I y II lo continua ordenando, dedicándose a resolver problemas y demostrar teoremas relativos al movimiento de los cuerpos; por ejemplo, se tiene en:

Libro I, Sección II, Proposición I, Teorema I: Las áreas que los cuerpos en revolución describen mediante radios trazados hasta un centro de fuerza inmóvil se encuentran en los mismos planos inmóviles y son proporcionales a los tiempos en las que se describen.

He aquí la génesis de lo que hoy denominamos conservación del momento angular de una partícula y sus consecuencias.

Sección III, Proposición XI, Problema VI: Si un cuerpo gira en una elipse, encuéntrese la ley de la fuerza centrípeta que tiende hacia el foco de la elipse.

Obtiene por resultado una ley de fuerza de inverso cuadrado de la distancia al foco, o sea, la misma dependencia de la ley de gravitación universal. En este problema, partiendo de la primera ley de Kepler, Newton obtiene la dependencia de la ley de gravitación; en sentido general, el concepto de fuerza centrípeta usado por Newton en los problemas es muy similar al actual concepto de fuerza central, aunque difiere la definición dada por él de fuerza centrípeta.

Esos dos ejemplos presentados por Newton contienen, en sí mismos, las leyes de Kepler. Así el horizonte del mundo ordenado se va alejando desde la Tierra hacia los cielos, aunque, hasta ese momento en la obra, no hace mención explícita de eso.

Sección VII, Proposición LXX, Teorema XXX: Si hacia cada punto de una superficie esférica tienden fuerzas centrípetas iguales que decrecen como el cuadrado de la distancia desde esos puntos, afirmo que un corpúsculo situado dentro de tal superficie no será atraído por esas fuerzas en ningún sentido.

Esto es lo que hoy en los cursos universitarios de Electromagnetismo resolvemos mediante la ley de Gauss (1777-1855) y es denominado apantallamiento electrostático, lo que, en el caso de Newton, sería apantallamiento gravitatorio.

Libro II, Sección I, Problema I, Proposición II: Defina el movimiento de un cuerpo que en un medio homogéneo desciende o asciende en línea recta, y es resistido en razón de su velocidad y urgido por una fuerza uniforme de gravedad.

Este problema tiende a encontrar la solución que Aristóteles daba a la caída de los cuerpos en el aire partiendo de sus

observaciones y que expresa: Y siempre y cuando el medio a través del cual tiene lugar el movimiento sea más ligero, menos influencia ejerce y es más rápido el desplazamiento.

Es de destacar la forma de los enunciados de los problemas planteados por Newton en su *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, que necesitan de un análisis de la situación física por una parte, y por otra que son problemas abiertos.

En esa misma sección, el Problema II es el análisis del movimiento de los proyectiles de Galilei urgido por una fuerza uniforme de gravedad; el Problema III es el del proyectil sometido a la acción de la resistencia del aire como superposición de una fuerza en razón a su velocidad y al cuadrado de la misma.

En la Sección V define fluido: cualquier cuerpo cuyas partes ceden a toda fuerza impresa sobre él y, al ceder, se desplazan fácilmente entre sí.

Aquí la definición de fluido está dada de forma muy similar a la que se da hoy en día en términos de los efectos viscosos observados al aplicar esfuerzos tangenciales.

La Sección VII la dedica a los fundamentos de la Globonáutica, describe experimentos con globos, análisis cuantitativos con tablas de datos relativos al movimiento de los globos llenos de hidrogeno, aire, etc.

Propuesta newtoniana de la metodología de investigación

El Libro III lo inicia con cuatro reglas para filosofar en filosofía natural, o sea, siguiendo las ideas de Descartes en su *Discurso del Método* de establecer o indicar una metodología de adquisición del conocimiento físico del mundo, aspecto que, en sentido general, raramente se ve en las clases. Estas reglas son:

Regla I: No debemos para las cosas naturales admitir más causas que las verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos. Y comenta: la naturaleza es simple, y no se complace en causas superfluas para las cosas ... y es vano mucho cuando basta con poco.

Regla II: Por consiguiente, debemos asignar tanto como sea posible a los mismos efectos las mismas causas. Y comen-

ta: a la caída de una piedra en Europa y a la caída de otra en América debemos asignarle la misma causa de la gravedad.

En esta regla está implícita la relación causa-efecto, el principio de la causalidad de los fenómenos naturales.

Regla IV: En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cualquier hipótesis contraria hasta que se produzcan otros fenómenos de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepción.

Ley de gravitación Universal

En este tercer libro, Newton presenta datos de las recientes observaciones sobre el movimiento de cometas realizados por E. Halley y de los movimientos de los planetas de Kepler. Las proposiciones, los problemas y teoremas, resueltos y demostrados en los Libros I y II (escritos textualmente por Newton), los aplica y los compagina con los datos presentados del movimiento de los astros en dicho Libro.

Entonces, a partir de los análisis que realiza de estos movimientos de forma explícita, plantea su gran ley de la Gravitación Universal en las proposiciones y teoremas:

Propositio VII. Theorema VII: Gravitationem in corpora universa fieri, eamque proportionalem esse quantitati materia in singulis.

Propositio VIII. Theorema VIII: Si Globorum duorum in se mutuò gravitantium materia undique, in regionibus que à centrīs equaliter distant, homogenia sit: erit pondus Globi alterutrius in alterum reciprocè ut quadratum distantia inter centra.

En estas dos proposiciones está el contenido de la versión actual de la ley de Gravitación Universal: todos los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza que es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional a la distancia entre sus centros.

El establecimiento de esta ley de Gravitación, que unifica los fenómenos terrestres y celestes de atracción entre los cuerpos, tuvo una enorme importancia para la evolución de la ciencia

moderna. Con ella, Newton ordena el mundo ya no solo en los movimientos de los cuerpos en Europa y América, sino también en los Cielos. La separación que hacia Aristóteles, su desvinculación de los movimientos en la Tierra de los movimientos celestes sufre un colapso. Newton los une, ve en ellos la misma causa, según sus reglas para filosofar. Cumple con la duda de Hamlet. Nació Newton y ordenó el mundo; tal orden del mundo poco después del fallecimiento de Newton en Gran Bretaña era reconocido. Se cuenta que se hicieron populares las coplas siguientes:

El mundo estaba desordenado.

Dios dijo hágase Newton.

Y el mundo se ordenó.

Newton, en toda su obra, hace referencia a hechos experimentales, a los de Galileo y Huygens, eminentemente “locales”, en la Tierra, y a los de Kepler y Halley, que eran datos empíricos de los movimientos celestes. Conjugando esos datos les da un carácter universal a sus definiciones, principios, axiomas o leyes, al darle a estos su más rigurosa y clara confirmación, de forma tal que ningún otro principio fundamental se introdujo en la Mecánica.

La vestidura racional de una disciplina matemática, tan deductiva, lógica y formal como la geometría fue tan impactante, que el desarrollo posterior de la Mecánica siguió ese camino. De ahí el origen de las escuelas europeas de los mecánicos-matemáticos, iniciadas por Euler y Lagrange en el siglo xvii.

Hitos en la historia de la ciencia de la luz que se celebraron en el año internacional de la luz y las tecnologías basadas en la luz³

La proclamación por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) del 2015 como Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz, se basa en la feliz coincidencia en este año de los aniversarios de varios hitos relacionados con la luz. Expresándose en ella: Estamos conscientes, asimismo de que la celebración de los aniversarios de esos descubrimientos en 2015 será una oportunidad sin precedentes de destacar la continuidad de los descubrimientos científicos en diferentes contextos, haciendo especial hincapié en la promoción de la enseñanza de las ciencias fundamentales y del fortalecimiento de capacidades entre los jóvenes y las mujeres, sobre todo en los países en desarrollo y las economías emergentes.

La Sociedad Cubana de Física (SCF) hizo suya la proclamación de la Unesco con el fin de reflejar en nuestro país los propósitos declarados por ella, proponiéndose que en este Año Internacional de la Luz, llegue a todos los cubanos el conocimiento científico pertinente. Por tal razón, en este capítulo se presenta un esquicio histórico de los descubrimientos científicos relacionados con la luz, cuyos aniversarios se cumplen el 2015, y que dan lugar a la citada declaración de la Unesco, intentando mostrar su continuidad histórica en diferentes contextos.

³ Conferencia dictada el 5 de julio de 2015 en el Museo Tomás Romay en conmemoración del Año Internacional de la Luz.

Antigua Grecia

Los fenómenos luminosos, por la especificidad de la luz de impresionar nuestro sentido de la visión, nos son a todos familiares desde nuestra más temprana infancia; análogamente, en el desarrollo científico-cultural de la humanidad, desde sus propios albores, estos fenómenos cultivaron la atención del hombre, quien se interesó por comprenderlos y darles una explicación.

Los discípulos de Pitágoras de Samos, después de 589 a. C., fueron los primeros en reflexionar sobre los problemas ópticos. Ellos consideraban que el ojo envía en línea recta sus rayos visuales, los cuales alcanzan los cuerpos percibidos por el ojo. Aristóteles (384-322 a. C.) rechazó las ideas de los pitagóricos, pero admitiendo que la intervención del medio entre el ojo y el objeto percibido es esencial en el fenómeno de la visión. Euclides (300 años a. C.) define las leyes de la propagación rectilínea y la de la reflexión de la luz al plantear que los rayos incidentes y reflejados por una superficie están en el mismo plano de la normal al punto de incidencia y de reflexión, así como la igualdad entre los ángulos de incidencia y reflexión. Claudio Tolomeo (90-168) estudió la refracción de la luz, siendo el primero en medir los ángulos de incidencia y de refracción; sus resultados con relación a los actuales tienen una alta precisión.

Edad de Oro islámica: milenio de los trabajos de Ibn al-Haytham

En los años de la década del 520, el cristianismo traza medidas simbólicas que delimitan esta sabiduría antigua y, sobre las ruinas del antiguo mundo griego, se eleva poderosa la Iglesia Cristiana que declara la guerra a la ciencia pagana. Pero no todo fue oscuridad, algún que otro rayo de luz iluminó el camino de la ciencia.

Mientras eso aconteció en Europa, que se sumía en un letargo, los árabes, por el contrario, con la aparición de Mahoma y lo que enseña el Corán: “La tinta del sabio es tan preciosa como la sangre del mártir”, cultivaron, en sus inicios, las investigaciones científicas y honraban a los sabios. Así, Al-Hazen o Ibn al-Haytham (965-1038), trabajó en el campo de la Óptica y generalizó la ley de la reflexión para espejos cilíndricos y esféricos,

analizó cuidadosamente las experiencias de Tolomeo sobre la refracción de la luz y descubre el poder de amplificación de las lentes esféricas.

Todo este conocimiento sobre la luz y sus fenómenos, tanto el que provenía de los árabes como el de los griegos, ha llegado a la actualidad porque fueron recopilados por Ibn al-Haytham en sus grandes trabajos sobre la Óptica en el año 1015.

Naturaleza corpuscular newtoniana de la luz vs la ondulatoria de Huygens

La luz todo lo ilumina y esclarece, pero, paradójicamente la comprensión de su naturaleza se mantuvo por mucho tiempo en la oscuridad. Las primeras concepciones al respecto surgen en la segunda mitad del siglo XVII, cuando Isaac Newton (1642-1727) en 1671 publica su trabajo “A new theory about light and colours” proponiéndole una naturaleza corpuscular, o sea, suponía a la luz constituida por un flujo de pequeñas bolitas. Casi simultáneamente, Cristian Huygens (1626-1695) en 1678 esboza una concepción ondulatoria (la luz se propaga como una onda sonora) lo cual expone con más detalle en su obra *Traité de la lumiere* publicada en 1690.

De ambas concepciones, en esa época fue aceptada la corpuscular de Newton, más por la autoridad que él se había ganado con la formulación de las leyes de la mecánica, que por las explicaciones que su concepción brindaba.

Esta situación se mantuvo hasta 1815 cuando el Ingeniero de Puentes y Caminos Augusto Juan Fresnel (1788-1827), al investigar el fenómeno luminoso de la interferencia de la luz y sin conocer los resultados de los experimentos de la doble rendija realizados por Young en 1804, obtiene los mismos resultados que este y le da una formulación matemática, retomando la concepción ondulatoria y resucitado el “olvidado” principio de Huygens de la formación en cada rendija de dos nuevos trenes de ondas a partir del incidente en ellas.

Fresnel, siguiendo las mismas ideas, en 1817 explica el fenómeno de la difracción de la luz y, en general, todos los fenómenos luminosos, excepto la polarización descubierta por Luis

Malus (1775-1812) en 1808, cuya explicación exige que las ondas sean transversales.

Con estos resultados, a partir de 1819 se acepta la naturaleza ondulatoria de la luz de Huygens, o sea, la luz como ondas mecánicas longitudinales, que no se polarizaban y que necesitaban un medio para propagarse; este medio se consideró que era el éter, un éter que debía ser simultáneamente muy rígido y poco denso para poder explicar el alto valor de la rapidez de propagación de la luz, 300 000 km/s.

Naturaleza electromagnética de la luz

En investigaciones realizadas en otro campo del conocimiento de la naturaleza en junio de 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851) observó que las agujas magnéticas variaban su orientación cerca de un conductor con corriente eléctrica. Andrés María Ampere (1735-1836), en septiembre del propio año, presenta experimentos que muestran el efecto de atracción o repulsión entre dos conductores paralelos con corrientes eléctricas, en dependencia del sentido de estas. De estos resultados se concluyó que los fenómenos eléctricos y magnéticos estaban vinculados entre sí.

Esta cuestión se amplía cuando Michel Faraday (1791-1867) en 1831 observa que la aguja de un galvanómetro conectada a un alambre cercano a otro conectado a una pila permanecía tranquila mientras la corriente circulaba, pero sufría pequeñas desviaciones cuando la pila se conectaba o desconectaba, efecto que denominó inducción voltaica. En 1831, Faraday descubre la inducción magnética, o sea, cuando, en el caso anterior, la corriente era producida por el movimiento de un imán. Ambos fenómenos hoy se les conoce como de inducción electromagnética, lo que constituye el principio de funcionamiento de los transformadores.

James Clerk Maxwell (1831-1879) en 1863 escribe su obra *A Dynamical Theory of Electromagnetic Field*, en la cual sintetiza brillantemente los resultados anteriores, los que hoy se resumen en las denominadas ecuaciones de Maxwell. A partir de esa formulación matemática, en 1865 obtiene una ecuación para las

ondas electromagnéticas y plantea que la luz es una de esas ondas. De esta forma, sintetiza en un sólo cuerpo teórico, tres ramas de la Física que, hasta entonces, se veían por separado: el magnetismo, la electricidad y la óptica. La corroboración experimental de la existencia de las ondas electromagnéticas fue realizada en 1887 por H. Hertz (1857-1894).

La concepción maxweliana de la luz como una onda electromagnética elimina las dos contradicciones fundamentales de la concepción de ondas mecánicas de Fresnel: ser ondas longitudinales con las que no se puede explicar el fenómeno de la polarización y tener que ser su medio de propagación al mismo tiempo muy rígido y poco denso. Con esta concepción maxweliana se tiene una explicación más clara de la naturaleza de la luz.

No obstante, se mantiene la idea de la existencia del éter, ahora un éter electromagnético que, como su antecesor mecánico, llena todo el espacio.

Teoría de la Relatividad

Teoría Especial

Para corroborar la existencia del éter electromagnético, en 1887 Albert Abraham Michelson y Edward Morley concluyen e interpretan una serie de experimentos de interferencia de la luz, mostrando que la Tierra no se mueve a través del éter lumínico y que la velocidad de la luz es la misma independientemente del movimiento de la fuente luminosa.

Este resultado estaba en contradicción con la manera de sumar a las velocidades del movimiento mecánico, establecida por Galileo Galilei desde 1638. Con diferentes concepciones, se intentó infructuosamente explicar esta contradicción hasta que, en 1905, Albert Einstein (1879-1955) formula su Teoría Especial de la Relatividad, en la cual las distancias y el tiempo tienen diferentes valores en dependencia del sistema de referencia inercial: no existe el tiempo y el espacio absolutos e independientes entre sí, según afirmara Isaac Newton en sus *Principia* de 1686, sino que sus mediciones dependen del sistema de referencia desde el cual ellas son determinadas, las cuales se vinculan entre sí en el llamado continuo espacio-tiempo.

Teoría general

Diez años después, en 1915, Einstein extiende la noción del continuo espacio-tiempo incluyéndole la gravedad, en su Teoría General de la Relatividad, calificada por el propio Einstein como “bonita estéticamente”. Esta es una teoría de la gravedad capaz de explicar la acción gravitatoria de atracción por la deformación geométrica del continuo espacio-tiempo.

Por la gran masa del Sol, el espacio a su alrededor se deforma; entonces, un rayo de luz proveniente de una estrella lejana sufre una alteración de su trayectoria al pasar cerca del Sol. Este efecto fue observado el 28 de mayo de 1919 en la estación Sobral por una expedición inglesa, organizada por Sir Arthur Eddington, para medir las posiciones de las estrellas próximas al limbo solar durante el eclipse solar total que aconteció en esa región de Brasil. Las posiciones de estas estrellas fueron medidas seis meses antes, cuando estaban en oposición al Sol, o sea, cuando sus trayectorias no podían ser afectadas por la masa solar y los resultados se compraron, encontrándose la desviación esperada. Así se confirmó el papel central de la luz en el espacio y en el tiempo.

El Big Bang

Alexander Friedmann (1888-1925) y Georges Lemaitre (1894-1966), trabajando independientemente uno del otro, llegaron a conclusiones muy semejantes a partir de un desarrollo puramente matemático de la Teoría General de la Relatividad de Einstein. Ellos partieron de las ecuaciones del campo gravitacional de Einstein y, como él, adoptaron la hipótesis de un Universo homogéneo en el espacio, pero descartaron la idea de Einstein del Universo inmutable en el tiempo, lo que le permitió, entre 1922 y 1927, obtener soluciones que describían que el Universo estaba en expansión en todas las direcciones junto con las galaxias.

En 1929, el astrónomo norteamericano Edwin Hubble (1891-1953) descubrió con un gigantesco telescopio del observatorio del monte Wilson, en California, que el espectro de luz proveniente de las distantes galaxias presentaba una desviación

hacia el rojo, el que era tanto mayor en cuanto más distantes estuviesen las demás galaxias de la nuestra. La explicación de Hubble fue que este fenómeno se debía al efecto Doppler: si la luz de una galaxia se desvía hacia el rojo es porque ella se está alejando de nosotros y la velocidad de alejamiento es mayor cuanto más alejada está esa galaxia de la nuestra.

Si todo se está alejando en el Universo era posible imaginar que, en una época muy remota, todo estaba extremadamente próximo: esa sería la época del *big bang*, la gran explosión.

Dos radio astrónomos, el germano-americano Arno Penzias y el norteamericano Robert Wilson, trabajando con una antena de siete metros de la Bell Telephone Co., descubrieron un débil ruido de radiofrecuencias que venía desde todas las direcciones del cielo al mismo tiempo. Durante dos meses observaron que esa señal mantenía su regularidad, a pesar del movimiento de rotación y de traslación de La Tierra y de que la antena girara hacia todas las regiones del firmamento.

Penzias y Wilson conocieron que un grupo de físicos de la Universidad de Princeton, liderado por Robert Dicke, había deducido teóricamente la existencia de una débil radiación de fondo, que debía llenar uniformemente a todo el espacio, la que sería un residuo del súper caliente caldo cósmico de sustancia y campo que, por la Teoría del Big Bang, constituía el Universo poco tiempo después de la gran explosión; con la expansión del Universo, la densidad de energía habría disminuido progresivamente, lo que provocó un enfriamiento hasta llegar a una temperatura de, aproximadamente, tres grados Kelvin por encima del cero absoluto.

Los hechos analizados y que tuvieron la feliz coincidencia en el año 2015 de cumplir: el primer milenio de la publicación de los grandes trabajos de Ibn al-Haytham sobre la óptica, en la Edad de Oro islámica, (1015); el bicentenario de cuando Fresnel en Francia expuso la teoría del carácter ondulatorio de la luz, (1815); el centenario y medio de la formulación en Inglaterra por Maxwell de la teoría electromagnética de la luz, (1865); el centenario del desarrollo por Einstein en Alemania de la teoría de la Relatividad General que confirmó el papel central de la luz en el

espacio y en el tiempo, (1915) y el medio centenario del descubrimiento en los Estados Unidos por Penzias y Wilson del fondo cósmico de microondas, eco de la creación del universo (1965) constituyen un ejemplo elocuente del ascendente desarrollo de la ciencia a través del tiempo con las contribuciones de varios científicos en diferentes lugares de nuestro planeta.

Radioactividad: cien años de conocida por la humanidad⁴

El desarrollo histórico de las ciencias y en particular de la física nos muestra, no obstante, ser este un proceso continuo de acumulación y ordenamiento de nuestros conocimientos sobre el Universo en que vivimos, el de presentar transiciones bruscas, periodos convulsos o etapas impulsivas, decisivas para la profundización y ampliación del horizonte en la comprensión de los enigmas de la naturaleza. En este sentido, dentro del campo de la física, cabe distinguir:

El período comprendido entre las publicaciones cimeras de Copérnico, “Las revoluciones de los orbes celestes” (1543) y la de Newton “Principios matemáticos de la filosofía natural” (1686), en el que se resume y ordena todo el conocimiento relativo a los movimientos mecánicos de los cuerpos, tanto en la Tierra, como en los Cielos.

El período iniciado en el verano de 1820 con el descubrimiento por Oersted de la acción magnética de las corrientes eléctricas y que cierra en 1864-1865 con la publicación por Maxwell de su “Teoría dinámica del campo electromagnético” y de su hipótesis de la existencia de las ondas electromagnéticas resumiéndose y ordenándose todo lo relativo al cuadro electromagnético del mundo en esa época, tal y como el primer período mencionado hizo con el cuadro mecánico.

⁴ Conferencia dictada el 1 de marzo de 1996 en conmemoración del centenario del descubrimiento de la radioactividad por Becquerel.

Sin restarle el valor que merecen otras etapas de este tipo, etapas fundamentales para el desarrollo de la física; una gran relevancia tiene el período, cuyo centenario conmemoramos en el día.

El estudio de las radiaciones que con el descubrimiento de Roentgen en noviembre de 1895 había entrado en un periodo de considerable actividad, a penas sin rebasarse los cinco meses de su descubrimiento y tratando de encontrar otras fuentes de Rayos-X, curiosa y asombrosamente al cumplirse el XXVII aniversario de aquel memorable día en que la comunidad científica de San Petersburgo conoció el trabajo del insignia químico D. I. Mendeleiev “Sistema empírico de los elementos, basados en sus pesos atómicos y semejanzas químicas”, o sea, el primero de marzo de 1896 en París Henry Becquerel, descubre las “radiaciones del uranio”, la hoy conocida Radiactividad.

Se acaban de mencionar tres hechos, cronológicamente ordenados: La tabla periódica, los Rayos X y la Radiactividad; y en aquellos días del descubrimiento bequereliano, ¿alguien llegaría a pensar que los tres pudiesen estar vinculados entre sí? Tal vez la intuición no fue agraciada en ese sentido o quizás ella no llegó a aventurarse tan lejos. Pero hoy, cien años después permítaseme platicar sobre esta idea retrospectivamente, porque fue decisiva para el desarrollo de la física, de la química y otras ciencias.

Radiactividad y otros descubrimientos entre 1896 y 1914

Descubrimiento de Becquerel

El descubrimiento de los Rayos-X en noviembre de 1895 y el primer artículo publicado por Roentgen en diciembre de ese mismo año “Sobre un nuevo tipo de radiaciones” fue el estallido de la tormenta perturbadora de la apacibilidad científica en que se vivía hacia 200 años. Este artículo rápidamente se divulgó por toda Europa y su éxito repercutió en todas las Sociedades Científicas; así junto con las investigaciones de nuevas propiedades de los Rayos-X y de las corroboraciones de las descritas por Roentgen, apareció también “la fiebre de las radiaciones” y

por doquier y unas tras otras surgían las comunicaciones sobre el descubrimiento de nuevos rayos, como los Rayos-gamma de Crez, los Rayos-N de Blondlot, etc., que solo sus supuestos descubridores observaban, rayos que se “negaban” a ser investigados por otros investigadores.

Entre las corroboraciones “serias” de las propiedades de los Rayos-X se destacan las presentadas por Henry Poincare a fines de enero de 1896 en la Academia de Ciencias Francesa en París, quien explicaba el surgimiento de los Rayos-X debido a la fluorescencia observada simultáneamente en las paredes del tubo de Crookes. Con esta idea Poincare sugiere a Antón Henry Becquerel (1852-1908), quien tenía una fuerte tradición, familiar en las investigaciones de los fenómenos relacionados con la luminiscencia, la fosforescencia y la fluorescencia (el abuelo, el padre y él mismo), que tratase de encontrar los Rayos-X producidos por la fluorescencia de los rayos solares en determinadas sustancias.

Becquerel sin dilación inicia sus experimentos, seleccionando entre las sustancias fluorescentes por casualidad el sulfato doble de potasio y uranio. Ya el lunes 24 de febrero presenta en la sesión correspondiente de la Academia de Ciencias una ponencia “Sobre el surgimiento de radiaciones penetrantes, similares a los Rayos-X producidos por radiación solar en el sulfato doble de uranio y potasio”. En los días siguientes Becquerel se vio obligado a interrumpir su trabajo experimental debido a la gran nubosidad que cubrió a París en esos días finales del invierno, guardando las sales y el papel fotográfico que usaba en sus experimentos en las gavetas de una de las mesas de trabajo del laboratorio.

Por fin en la mañana del día en que se cumplía el XXVII aniversario de la primera versión de la Tabla Periódica publicada por Mendeleiev y como para reafirmar que ya la primavera se acercaba, el domingo 1 de marzo de 1896, el Sol resplandeciente brillo sobre París y Becquerel pudo recomenzar sus experimentos, al intentar comprobar el papel fotográfico, encuentra que algunos de ellos estaban velados mostrando nítidamente las siluetas de los granos de la sal de uranio y potasio, mas no había fluorescencia alguna.

Repite sus experimentos a oscura con la sal y el papel fotográfico y como experimentalista consagrado y competente se percató de que sus sales espontáneamente dan origen a la radiación penetrante semejante a los Rayos-X de Roentgen, sin la acción activadora de los rayos solares y sin ninguna fluorescencia, como le había sugerido Poincaré.

Convencido de este hecho en la sesión de la Academia de Ciencias del 2 de marzo comunica su nuevo descubrimiento, rectificando el error que había cometido en la sección anterior, denominando a esos rayos por el descubierto como Rayos del uranio.

Me he permitido describir con algún detalle esta parte del descubrimiento de Becquerel por el valor metodológico que a mi juicio encierra; nótese como a partir de una idea, que hoy pudiéramos calificar como descabellada —la de Poincaré—, los experimentos que no dan los resultados esperados, las comunicaciones erradas o de contenidos falsos, se llegan a grandes descubrimientos. Es ese, el camino intrincado, en zig-zag del desarrollo de la ciencia, que en mi opinión en algún momento de la formación de las nuevas generaciones de científicos e investigadores debe ser presentada. Por ese camino siempre está y estará vigente el lema de la Academia del Cimento, “Provando y reprovando”.

Siguiendo esta línea de pensamiento relativa al carácter metodológico del descubrimiento de Becquerel se debe añadir que después de su descubrimiento tres científicos comunicaron que ellos con antelación al 1 de marzo de 1896 vieron trazas en placas fotográficas situadas en las cercanías de sales o minerales de uranio a finales de la década anterior, entre ellos Arondo y d'Sen Victor.

Ellos vieron y no observaron como lo hizo Becquerel, para aclarar la idea me tomo la licencia de hacerme eco y repetir algunas de las palabras que recuerdo haber escuchado en mi época de estudiante en voz del querido maestro y colega posteriormente, Dr. Luis Aguilar Salcedo —“Eso no se ve con el ojo de la cara, sino con el ojo de la inteligencia”—, pues la observación es una visión activada, es la contemplación activada con el raciocinio. A los que vieron las radiaciones del uranio con antelación a

Becquerel, les sucedió lo mismo que a todos los *homo sapiens*, que como cuenta la anécdota, cierta o no, vieron caer del manzano la manzana antes que Newton observará esa caída.

En el transcurso del propio año de 1896 Becquerel prosigue sus investigaciones en compañía de su amigo y químico Moissan, y para el 23 de noviembre informan sobre un método para la obtención del uranio puro, con lo que quedó demostrado fehacientemente que las radiaciones descubiertas por Becquerel provenían del uranio.

No obstante el trabajo de Becquerel no causó la sensación en la comunidad científica como el de Roentgen y pasó casi inadvertido, incluso en la propia Academia de Ciencias Francesa, tal es que su presidente en esa época Cornu al realizar el informe anual correspondiente a 1896 se refiere en su mayor parte a los Rayos-X de Roentgen y solo dedica un pequeño párrafo para mencionar el descubrimiento de Becquerel. Al parecer “la fiebre de las radiaciones” jugó su rol y ya todos estaban saturados por el “descubrimiento” de tantos nuevos y misteriosos rayos, que los rayos becquerelianos eran unos más a los que ya no se le debía prestar mucha atención, a pesar de que Becquerel envía un artículo a la revista *Compt. Rend.* que lo recibe el 8 de marzo y lo publica en su volumen 22 de 1896.

El aporte de los esposos Curie

Así el año 1896 transcurre envuelto en un tenebroso silencio con relación a los rayos becquerelianos y un bullicioso entusiasmo respecto a los Rayos-X, silencio que se extiende por casi todo el año siguiente. Sólo en el otoño de 1897 los recién casados Pierre Curie (1859-1908) y María (Sklodowskaya) Curie (1867-1934) inician llenos de entusiasmo en un frío cobertizo sus investigaciones sobre las radiaciones becquerelianas, al elegir Madame Curie como tema de su tesis de doctorado el de “Las particularidades químicas de las muestras que dan la radiación penetrante de Becquerel”.

Ya para inicios de 1898 los cónyuges Curie reportan el hallazgo de las mismas radiaciones del uranio, en el thorio, concluyendo especulativamente que ellas se deben a propiedades de los átomos respectivos, en julio descubren el polonio y en

diciembre el radio, al año siguiente Debierno, colaborador de los Curie, descubre el actinio y María introduce el nombre de *Radioactividad*, para designar a estos fenómenos.

Si cuando Buobodran en 1875 descubrió el galio en la tabla periódica de los elementos químicos, estaba la casilla vacía esperando que se situara el símbolo Ga y Mendeleiev le comunico que las propiedades que él describió del galio eran correctas con la excepción de que la densidad debía ser de 5,9 y no de 4,7, al descubrirse el Po, el Rn, el Ra y el Ac, la situación no era esa, sus propiedades químicas eran desconocidas, se obtenían cantidades muy pequeñas (fracciones de miligramos) y además emitían radiaciones.

Las diferentes operaciones y técnicas químicas utilizadas por los Curie con estos “nuevos” elementos químicos dio lugar al nacimiento de una nueva rama de la ciencias de nuestros días, la radioquímica. La intuición genial y la capacidad excepcional de experimentalistas de los Curie los llevaron a concluir que el Po era análogo al telurio y el Ra al bario y con la determinación de sus pesos atómicas lo situaron en su correspondiente lugar en la tabla periódica, el actinio no tuvo la misma suerte, pues dio mucho más trabajo localizar su posición en la tabla periódica.

Estos trabajos de los Curie por una parte corroboraron una vez más la certeza de la tabla periódica, tendiendo a darles a las investigaciones relacionadas con la radiactividad un carácter más químico que físico en esos tiempos; y por otro lado despertaron de su letargo el interés de la comunidad científica por los problemas de las investigaciones sobre la radiactividad.

La caracterización de las radiaciones becquerelianas

De esta forma se incorporan a este nuevo campo de investigaciones, entre otros, Ernest Rutherford (1871-1937) y Frederic Soddy (1877-1956) en la orilla opuesta del canal de La Mancha, aumentándose considerablemente la cantidad de trabajo en este naciente campo de las ciencias naturales, en un corto intervalo de tiempo, entre 1899 y 1902 las publicaciones fueron superiores al intervalo comprendido entre los años 1896 y 1899.

En 1899 la comunidad científica aún consideraba que las radiaciones descubiertas por Becquerel eran similares a las de Roentgen. Es en la primavera de ese año que aparece un reporte de E. Rutherford en el *Philosophical Magazine* de Londres, aunque con fecha del 1 de septiembre de 1898, y otro de Julius Elster (1854-1920) y Hans Geitel (1855-1923) con fecha del 5 de mayo de 1899 [en *Verhandl. Deut. Physik. Ges* 1, 1899] dando cuenta, este último de sus experiencias relativas a la acción de los campos magnéticos sobre las radiaciones becquerelianas, concluyendo: “Los rayos de Becquerel no experimentan deflexión por fuerzas magnéticas comparables con los rayos catódicos. Esto está de acuerdo con otras características conocidas de los rayos de Roentgen”. Esto no obstante como expresó ya el joven campesino con 28 años de edad y de Nueva Zelanda, Rutherford el 1 de septiembre del año anterior había escrito haber hallado en los rayos de Becquerel una radiación muy penetrante (la hoy conocida como radiación beta) y otra que se absorbía muy fácilmente (las radiaciones alfa).

Hoy veríamos en esto una gran discrepancia, pero como acontecieron los hechos no la hubo pues: primero, el artículo de Rutherford se publica casi simultáneamente con el de Elster y Geitel, existió retraso en esa publicación y segundo Rutherford también interpreto que esas dos radiaciones eran dos componentes de los Rayos-X, sus experimentos fueron de absorción y no de acción magnética sobre las radiaciones.

A fines del otoño e inicio del invierno de 1899 tanto Rutherford, como Becquerel, Geitel, Elster, Stefan Meyer (1872-1949) y los esposos Curie encuentran en la deflexión de los rayos becquerelianos por la acción de los campos magnéticos, una deflexión similar a la de los rayos catódicos, que coincidía con la ya mencionada radiación beta y ya a inicios de 1900 la coincidencia e identificación de estas con los electrones descubiertos por J. J. Thompson (1856-1940) en 1897 y publicado en *Phil. Mag.*

Este descubrimiento es el tercer pilar de la física del siglo xx y su primer impacto fue precisamente el de la deflexión los rayos becquerelianos en campos magnéticos en 1899 cuando se aceptó por la comunidad científica de los físicos la noción de que las partículas podían atravesar finas laminas metálicas

—destruyéndose el mito de la “impenetrabilidad de la sustancia”, pues en ese momento solo se conocían la luz y los Rayos-X—. Todo esto fue posible por el aumento de la intensidad de las radiaciones becquerelianas obtenidas del Ra en comparación con la del U y el Th. En el transcurso de varios meses se realizaron mucho más trabajos que en los tres años y medios anteriores.

Si bien se identifican las radiaciones beta con los rayos catódicos (electrones), por tener los electrones-beta una velocidad superior a los electrones-catódicos el valor de su relación carga eléctrica a la masa (e/m) tenía cierta diferencia, siendo este el punto de partida de Walter Kauffman (1871-1947) para desde 1899 iniciar sus experimentos con el fin de ajustar el valor de esa relación carga eléctrica a la masa en función de la velocidad de los electrones beta y de ese modo corroborar los cálculos de Abraham y las ideas de Lorentz, Fitzgerald y Poincare de la dependencia de la masa de las partículas cargadas eléctricamente con su velocidad; experiencias que el mismo Kauffman y otros acentuaron su realización después de la formulación de la Teoría Especial de la Relatividad por A. Einstein en 1905 y que hoy aún muchos consideran como corroboración de los conceptos de masa en reposo y masa relativista.

Ya se mencionaron los trabajos de Rutherford, él y sus colaboradores tanto en Montreal (1898-1907) como en Manchester en los años siguientes obtienen los resultados más significativos para seguir el desarrollo histórico de esta rama de la ciencia que a partir de 1911-1912 puede denominarse ya Física Nuclear. Por otra parte es necesario destacar como con Rutherford y sus colaboradores hay cambios trascendentales para el desarrollo de la ciencia en el siglo xx, como son:

- A diferencia de Newton, Faraday, Maxwell y otras personalidades de la ciencias físicas, que trabajaron de forma individual, Rutherford siempre trabajo en colaboración con sus colegas y discípulos-investigadores, a los que cariñosamente denominaba mis muchachos y ellos en reciprocidad Papa Rutherford. Creando las denominadas Escuelas de Física de inicios del siglo xx.
- En esta escuela de Rutherford surgen los primeros grupos de trabajo multidisciplinarios, con el trabajaban: físicos,

químicos, matemáticos; que fue y es muy fructífero en el día de hoy para el desarrollo de la ciencia. En este grupo trabajaban simultáneamente hasta 30 personas de diferentes países, grupos internacionales.

En 1900 a Rutherford y a Soddy le esperaba una nueva e inesperada sorpresa al encontrar en los recipientes conteniendo Thorio otra sustancia radiactiva en estado gaseoso y poco después reportan el hallazgo de otras dos similares cuando el contenido era de Radio y de Actinio, a las cuales inicialmente se le denominaron sus respectivas emanaciones, aunque casi de inmediato se le adjudico un nombre más corto: Radón, Thorón y Actinon; los que desde el punto de vista químico no se podían separar, por tener las mismas propiedades, *v. gr.* la de los gases nobles o inertes.

¿De dónde y cómo estos tres gases nobles aparecían?, eran interrogantes que “estresaban” a los investigadores por un lado y por otro se acentuaba cuando se intentaba situarlos en la tabla periódica de Mendeleev; en esta solo había una casilla vacía para el gas inerte más pesado y esos tres elementos con pesos atómicos diferentes e iguales propiedades químicas pretendían ocupar el mismo puesto. La radiactividad descubierta a los 27 años del formulado principio mendeleieviano “cada elemento químico tiene su posición determinada acorde a su peso atómico y propiedades químicas”, parecía ser vulnerable.

Las primeras interrogantes formuladas fueron superadas felizmente entre 1902 y 1903 por “obra y gracia” de la intuición científica y creadora de Rutherford y Soddy, quienes al iniciar la caracterización de las radiaciones alfa y encontrar Helio junto a sus productos radiactivos y sin más ni menos lanzan la atrevida hipótesis de la identidad del helio con la radiación alfa; hecho que realmente fue corroborado en 1909 por Geiger, después de construir el primer detector de radiaciones gaseoso.

Rutherford y Soddy con la hipótesis de la identidad de las radiaciones alfa con los átomos de Helio ionizados se aventuran a una más atrevida —que el surgimiento del Radón, el Thorón, el Actinon, el Helio y otros elementos en esos fenómenos se debía a la transformación de unos elementos “átomos” en otros—, no obstante presumir que los químicos los recibirían

con la bayoneta calada, pues estaban atentando contra el *sanc-ta sanctorum* de indivisibilidad del átomo establecido desde la época de Demócrito de Abdera y más aún la idea de ellos de la obtención del plomo a partir del uranio al plantear la idea de las series radiactivas. Idea esta que no se diferenciaba en nada de los sueños de los alquimistas de la edad media, cuya fama no era, en modo alguno, mas honorífica que la de los astrólogos.

En medio de esta tormenta de ideas el 19 de mayo de 1904 Rutherford dicta en la Real Sociedad de Londres su conocida conferencia unificadora de todos los hechos aislados descubiertos y titulada “Consecutividad de las transformaciones radiactivas de las sustancias”, en la que de forma acabada presenta la teoría de las transformaciones radiactivas de los elementos químicos, las series radiactivas del Ra, del Th y el Ac, demuestra que las desintegraciones acontecen a través de diferentes estadios, calcula los tiempos de vida media del Ra y el U, expone los resultados propios y de los Curie de la cantidad de energía desprendida en estas transformaciones, etc.

Con todas estas pruebas los escépticos y adversarios de Rutherford no tuvieron más remedio que comenzar a aceptar estos nuevos conceptos, que revolucionaban más a la Química que a la Física, no obstante el dilema planteado de la vulnerabilidad del principio adoptado por Mendeleiev para construir su tabla periódica aún se mantenía en pie y se hacía al parecer más evidente, pues cada vez aparecían nuevos elementos, eran tantos que su denominación y nomenclatura cada vez más se complicaba; estaban los productos-X, como el U-X, Th-X, el Ra-A, el Ra-B, Ra-C, Ra-D, etc. y en la tabla periódica no había lugar para todos ellos.

Entre este maremágnum de radioelementos y sin esperar la solución del conflicto en que se encontraba su tabla periódica el 20 de enero (2 de febrero actual) de 1907 en San Petersburgo fallece D. I. Mendeleiev y aunque al frente de la multitudinaria procesión en sus honras fúnebres en el cementerio de Volkovo llevaban una pancarta con la tabla periódica, ella no había muerto, esto era un símbolo de su inmortalidad. Aunque todavía para abril de 1912 parecía estar al borde de la muerte, cuando Rutherford solicitó a su joven discípulo de 27 años Hevesy sepa-

rar el Ra-D del Pb y el no pudo hacerlo, aunque tenían diferentes pesos atómicos. Pero a otros como, a Hans también le sucedía algo parecido, no podía separar el Ra-226 del mesotorio-228 y el casi pierde su autoconfianza como químico. Hevesy más joven, con menos maestría como químico no se inmuto y busco una solución más pragmática, si el Ra-D y el Pb no se pueden separar es porque tienen iguales propiedades químicas, eso hay que emplearlo y no incomodarse con la naturaleza por eso van juntos en la tabla periódica, el Ra-D siempre se identificara por los rayos beta que emite, cosa que no hace el Pb-, solución salomónica, aunque violase el principio de Mendeleiev.

Si bien esta era una idea algo conformista, no era muy estúpida porque se expresó y quizás el propio Hevesy y los que lo escucharon en ese momento no se percataron de su grandiosidad, entre ellos incluido el propio Rutherford, quien simplemente comento —para esa conclusión el material experimental es muy poco—.

Esta idea análoga a la de las “balas trazadoras”, hubiese quedado en el baúl de los olvidos, si en un primer sentido topológico no hubiese iluminado la imaginación creativa de un contemporáneo danés del húngaro Hevesy, Niels Bohr recién llegado a Manchester que la conjugo con otra línea de pensamiento que ya se venía desarrollando paralelamente desde 1909 con los primeros experimentos de dispersión de las partículas alfa de Hans Geiger y Ernest Marsden; en sentido directo “balas trazadoras” encierra el concepto desarrollado más tarde de las aplicaciones de los “trazadores radiactivos” o átomos marcados.

El modelo nuclear del átomo

Los experimentos de Geiger y Marsden, en todo esto tienen un significado especial, pues como es bien conocido a partir de la explicación teórica dada por Rutherford en mayo de 1911 se crea un nuevo modelo atómico, cuya carga eléctrica positiva y la mayor parte de su masa se encuentran concentradas en su región central muy pequeña (esfera de radio del orden de 10^{-13}cm), rodeada de un conjunto de electrones para compensar la carga eléctrica positiva y que el átomo fuese neutro.

Surgía así el modelo nuclear del átomo, aunque el concepto de núcleo no comenzó a utilizarse hasta el año siguiente, esta teoría se situó en lo más alto del podio entre los descubrimientos de Rutherford. Entre las comprobaciones posteriores de Geiger y Marsden en 1911 estaba la concerniente a que la carga eléctrica del núcleo era la mitad de producto del peso atómico A por la carga eléctrica del electrón e ($Ae/2$), valor que coincidía en su número entero más próximo con el orden numérico que Mendeleiev le dio a los elementos químicos al ordenarlos en su tabla periódica.

Esto fue la transfusión salvadora de la tabla periódica, que él hasta ese momento desconocido joven danés ya mencionado N. Bohr con su “filosofía natural” de creer en la simplicidad de la naturaleza más que en complicaciones innecesarias, adoptó de inmediato con una simple aritmética de restar un 2 o sumar un 1, encontró el lugar correspondiente en la tabla periódica del elemento formado al emitirse una radiación alfa o una beta respectivamente por lo que él considero núcleo madre. Una respuesta análoga a esta por su simplicidad le dio Bohr a Hevesy cuando le comentó lo de las “balas trazadoras”, así Bohr descubre la ley de los desplazamientos radiactivos corroborada de inmediato por Hevesy no solo para su Ra-D y el Pb, sino para todos los otros elementos, ley que hoy en la literatura se plantea como la ley de Hevesy y no de Bohr.

Ya entre 1913 y 1914 después de que Bohr empleando la Trinidad del electrón de J. J. Thompson, el quantum de Planck y el núcleo de Rutherford construye su teoría sobre el modelo nuclear del átomo de hidrogeno, los Rayos-X vuelven a jugar su papel, la ley empírica de Moseley corrobora la suposición de Bohr y de Van den Broek de la coincidencia de la carga eléctrica positiva del núcleo con el número atómico mendeleeviano.

La tabla periódica resucitaba inmortal del colapso en que se encontraba y casi todos los productos radiactivos X o con otras letras del abecedario inglés casi completo, ocupan el lugar que Mendeleiev había previsto, así el radón, el thorón y el actinon comienzan a denominarse isotopos, igual lugar en la tabla periódica.

Como estaba constituido el núcleo para explicar estos fenómenos era una incógnita, pero Van den Broek ya en 1913 al solo conocer los núcleos de hidrogeno y a los electrones, los sitúa a ambos en el interior del núcleo.

Como puede notarse en algo menos de 20 años la humanidad acumulo y ordeno más conocimiento científico que en los casi 20 siglos que median entre las épocas del gran estagirita, Aristóteles y de aquel que vio más lejos porque se subió en hombros de gigantes, Sir I. Newton. Claro esto es un síntoma de la revolución científico-técnica de nuestros días, el que se conjuga con las aplicaciones prácticas, v. gr. los Rayos-X y la propia radiactividad en la medicina (radioterapia entre otras), incluso antes de que muchos de los problemas mencionados aun no tenían solución clara y todavía no se vislumbraba ninguna teoría cuántica general firme que esclareciera en su esencia la base epistemológica del análisis y síntesis de los fenómenos atómicos nucleares, aunque si ya se había sobrepasado con creces el marco dogmatizado de las concepciones mecanicistas de la naturaleza.

Radiactividad, algunos de sus premios Nobel

Para dar una continuidad cronológica al desarrollo ulterior de esta rama de la ciencia en el trascurso del siglo xx, a partir del descubrimiento de Becquerel en 1896, veamos algunas consideraciones relacionadas con una breve revisión de la lista de aquellos que han recibido el Premio Nobel por sus resultados relevantes en los campos de la radiactividad propiamente dicho y en otras ramas derivadas o afines a ella.

El significativo galardón de los Premios Nobel de Física fue instituido por la Academia de Ciencias Sueca a partir de 1901, recibéndolo en esa primera ocasión C. Roentgen por su descubrimiento en 1895 de los Rayos-X, en la tercera ocasión que se otorga, o sea, en 1903, presenta las características *sui generis* de ser: el primero en recibirlo tres científicos simultáneamente, los tres primeros que trabajaron en los fenómenos de la radiactividad v. gr. H. Becquerel, su descubridor, P. Curie y M. Curie; siendo ella la primera dama en recibir un Nobel, que es otra particularidad del premio de 1903.

Después de este indudable y merecido reconocimiento a los pioneros en este nuevo campo del saber humano, al parecer los venerables académicos suecos encargados de designar anualmente el Premio Nobel de Física cerraron sus ojos y oídos, “se hicieron los suecos”, no viendo, ni escuchando nada relativo a las investigaciones y resultados obtenidos en este campo o simplemente se olvidaron de su existencia, pues su voz se apagó y un oscuro mutismo prevaleció durante treinta años. Solo en 1935 otorgan el reconocido internacionalmente premio a James Chadwick por el descubrimiento del neutrón, hecho acaecido el 27 de febrero de 1932.

¿Por qué este mutismo en el campo de la Radiactividad-Física Nuclear? Sin idea de dar una respuesta convincente, algunos razonamientos pueden ser los siguientes:

- Ciertamente, en este periodo convulso de la Física había muchos a quienes premiar por el impulso que dieron al desarrollo de la física con sus nuevos descubrimientos y concepciones, algunos de ellos premiados tardíamente fueron: M. Planck en 1918, A. Einstein en 1921 y N. Bohr 1919, por sus trabajos de la densidad espectral de la emisión del cuerpo negro (1900), explicación del efecto fotoeléctrico (1905) y el modelo nuclear del átomo de hidrógeno (1913).
- Hubo premios que no reflejan los resultados fundamentales de este periodo convulso del desarrollo de la física, como los de 1908 a Lippmann por la fotografía a color, 1909 a Marconi por la telegrafía inalámbrica, 1920 a Guillame por descubrimientos de anomalías en las aleaciones de Ni-acero, 1926 a Pierrin por el equilibrio de la sedimentación.
- Existieron descubrimientos en el campo de la Radiactividad-Física Nuclear que merecían el premio Nobel, algunos relacionados específicamente con E. Rutherford como: el modelo nuclear del átomo (1911), base del átomo de hidrógeno de Bohr y del nacimiento de la Física Nuclear propiamente. Posteriormente entre 1917 y 1919 las reacciones nucleares (transmutaciones artificiales de los elementos químicos) y a su vez el descubrimiento del protón. En 1920 la predicción de la existencia de los neutrones, partículas sin carga eléctrica y masa aproximada a la del protón, hipótesis

salvadora del modelo de Van der Berck y que quizás haya sido la musa que guio a Chadwick al descubrimiento del neutrón en 1932, pues trabajaba con Rutherford en 1920.

Cuando Rutherford fallece en 1947 solo por el descubrimiento de partículas, además de Chadwick habían recibido el Nobel en 1936 Anderson y Hess por el positrón y los rayos cósmicos respectivamente, en 1938 E. Fermi por el descubrimiento de la radiactividad artificial producida en reacciones nucleares con neutrones lentos y en 1943 Stern por el momento magnético del protón y Rabi por esta misma propiedad en los núcleos

Rutherford precursor de los hechos mencionados no tuvo ese honor, por lo que para él también es justo el juicio emitido por el Nobel de Literatura de 1982 Gabriel García Márquez respecto a James Joyce y el Nobel de Literatura cuando escribió: “nadie menos que James Joyce, cuya obra extraordinaria, monstruosa, no lo hizo acreedor a ese premio, tal vez por exceso. En ningún modo por defecto”, a lo que se le puede añadir —quizás para no elevar tan alto la talla de valores para otorgar esta gran distinción.

Como siempre, no todo fue mutismo y obscuridad, existió también la luz que ilumina el camino y voces que lo indicaban, en este caso esas fuentes luminosas y cuerdas vocales emergieron de los académicos suecos de otorgar el Premio Nobel de Química. Quienes reconocieron la alta dimensión de Rutherford en tiempo tan temprano como en 1908, cuando aún no estaba en la cima de su celebridad como científico, aunque de facto de físico lo transformaron en químico, como el mismo expreso al recibir el preciado galardón por sus trabajos sobre las investigaciones de la transmutación de los elementos y la química de las sustancias radiactivas.

De igual forma, en 1911 Marie Curie tiene el gran honor de recibir su segundo Premio Nobel por: el descubrimiento del Ra y el Po, estudios de sus propiedades y la obtención del Ra puro. Siendo así, la única científica en recibir dos Premios Nobel y mantuvo la condición de ser la única en recibir al menos uno hasta el 1935 en que su hija Irene Joliot-Curie lo recibe junto a su esposo Frederick, por el descubrimiento de la radiactividad artificial y la síntesis de nuevos elementos radiactivos.

En este periodo de mutismo dentro de la física, en química se otorgan otros tres Nobel: en 1921 al colaborador inseparable de Rutherford. F. Soddy por sus contribuciones al desarrollo de la Radioquímica e investigaciones de isotopos, en 1922 a Aston por el descubrimiento e investigación de las propiedades de un conjunto de isotopos y en 1934 a Urey por el descubrimiento del deuterio.

Para no ser absoluto respecto al mutismo que guía en estos momentos mi platica debo decir que en 1927 el Nobel de Física lo recibieron conjuntamente A. Compton por el descubrimiento del hoy conocido efecto Compton de los Rayos-X, que también lo tienen lo cuantos gamma y Wilson por la construcción de las cámaras de Wilson para la detección de partículas cargadas, entre ellas las nucleares.

Con relación a este último premio por la construcción de detectores de radiaciones quedo fuera del honor de recibir el Nobel, Geiger, quien fue el primero en construir uno en tan temprana época como en 1908, los contadores Geiger, quien conjuntamente con Muller lo perfeccionan en 1927. Esto se reafirma si se tiene en cuenta que en 1948 lo recibe Blackett por el perfeccionamiento de la cámara de Wilson, en 1960 lo recibe Glasor por la construcción de las cámaras de burbujas y en 1992 el laureado fue Georges Charpak por su cámara proporcional multielectrónica, sucesora directa por el árbol gerontológico del contador Geiger. Además Geiger realizo directamente los experimentos de dispersión de partículas alfa con láminas de oro entre 1907 y 1911, de los cuales en 1911 Rutherford establece el modelo nuclear del átomo.

Después del premio de Chadwick en 1935 y hasta 1996 en veinticinco ocasiones se concedió el de Física a 37 investigadores y el de Química en tres ocasiones más, entre estos: en 1943 a Hevesy por el adecuado empleo de su brillante idea de “las balas trazadoras” de 1912, o sea, el uso de los isotopos como indicadores radiactivos, y en 1944 a Hahn por el descubrimiento de la reacción de fisión del Uranio producida por los neutrones. Paradójicamente por este importante descubrimiento que es la base de la utilización actual de la energía nuclear no se concedió ningún Premio Nobel en Física y además no se tuvo en cuenta a

Strassmann colaborador de Hahn, ni a Lise Maitner e Irene Curie, ni tampoco a Flerov, Petrzhak y Kurchatov; estos últimos por motivos de la Segunda Guerra Mundial y después la Guerra Fría. Todos ellos hicieron grandes aportes en el descubrimiento de la fisión espontánea y la reacción en cadena, esta última utilizada con fines destructivos con el objetivo de buscar la hegemonía mundial iniciada con las masacres de Hiroshima y Nagasaki.

Por el descubrimiento de partículas “elementales” fundamentales, la rama más novedosa actualmente y derivada de la radiactividad descubierta por Becquerel en 1896, han sido laureados otros muchos como: Emil Segre en 1959 por el descubrimiento del antiprotón, figura también en esta lista el único nombre español de los laureados en Física, Luis W. Álvarez, mexicano residente en California en el año 1968, en el año siguiente fue condecorado Gell-Mann por el descubrimiento de partículas enlazadas y su interacción, quien independientemente de Zweig propuso también el modelo de los quarks, que explica la existencia de la partícula Phi, descubierta por Ting y Richter en 1974 por lo que merecieron el Nobel de 1976.

Ciertamente no he mencionado a todos aquellos distinguidos con el Nobel de Física en el campo que nos ocupa, ni tampoco otros muchos de los descubrimientos y teorías creadas alrededor de la radiactividad en el primer centenario de su descubrimiento, incluyendo a otros que también podían ser condecorados con esta alta distinción. Si así lo he hecho no es por subestimar a nadie, ni a nada; sino solo por no seguir abusando de vuestra agotable paciencia y no seguir atiborrándolos y aburriendo con tantos datos. No obstante, permítanme concluir entrelazando algunas ideas, que implícitamente están presente en todo lo expresado hasta el momento.

Al descubrirse las radiaciones del uranio e iniciarse los estudios de la radiactividad natural el número de elementos químicos conocidos solo había aumentado de 62, cuando Mendeleiev en 1869 repartió una hoja con la primera tabla periódica, hasta 70; las partículas más pequeña e indivisibles de la sustancia eran los átomos, siendo por tanto el nivel más bajo de la estructuración de la sustancia conocida; las partículas y

el campo estaban desligados entre sí; eran conocidas solo las interacciones gravitatoria y la electromagnética.

¡Cómo cambian los tiempos!, y ¡cómo se repiten ciclos análogos en el proceso de cognoscibilidad de la naturaleza! Hoy 100 años después el panorama es otro muy diferente, después de la “fiebre de las radiaciones” de la que emergió la radiación del uranio, apareció la “fiebre de los elementos”, que no eran más que simples isotopos. Pero ya a fines de 1994 las casillas vacías de la Tabla Periódica se llenaron hasta el 111 al introducir núcleos de ${}_{28}\text{Ni}^{64}$ en el ${}_{83}\text{Bi}^{204}$, buscándose el elemento 114, el 126 y otros tan lejanos como el 164 y el 184 considerados estables por corresponderse con los así denominados números mágicos, es decir, que sus nucleones cierran capas o niveles como los electrones en los átomos de los gases nobles. ¡Es inmortal la Tabla Periódica!

Después de que Bohr con la Trinidad del electrón, el cuanto y el núcleo de hidrogeno (protón) creó su modelo atómico explicando su estructura y mecanismo de emisión de radiaciones y sobre todo a partir del descubrimiento del neutrón y el positrón reapareció la “fiebre”, ahora “la de las partículas elementales”; ellas eran tantas o más que los elementos químicos de la tabla periódica el 1 de marzo de 1869.

El análisis y la síntesis volvieron a jugar su rol quedando en una Trinidad de grupos: leptones, quarks y bosones, cada una con una Trinidad de generaciones, los primeros constituidos por seis miembros y sus respectivos antimiembros (antipartículas).

- Leptones [electrón, muon y tauón]
- Quarks [up, down, charm, strange, top y bottom]
- Bosones [gravitón, partículas W^+ y W^- , la Z^0 , el fotón y el gluon].

Los que constituyen hoy en día el nivel más bajo de estructuración de la sustancia, aunque ya hoy hay hipótesis sobre la existencia de los priones, constituyentes de los quarks y los leptones.

A las interacciones gravitatoria y electromagnéticas se adicionaron la fuerte y la débil, unificándose la electromagnética con la débil en la electrodébil e incluyéndose más recientemente

te la del color con el gluon como su portador y transmisor entre los quarks. Así las dimensiones espaciales conocidas de 10^{-10} m en la estructuración de la sustancia hace 10^2 años atrás han disminuido hasta 10^{-16} m.

Respectos a las concepciones de la Física Clásica, que en esa época para todos eran inmutables; bien que caben las palabras que Virgilio puso en la voz de Eneas cuando en sueños horrorizado veía a Héctor todo cubierto de heridas —*Quantum mutatus abillio!*

Que nos espera en estos últimos aspectos en el futuro inmediato y en el mediato? *Chi lo sa!* Que un sucesor en nuestra Alma Mater, dentro de 100 años y quizás en esta misma sala, para entonces el “antiguo anfiteatro de economía” siguiendo la tradición que hoy engendramos, los comente y resuma brevemente, como hoy he intentado modestamente realizar al cumplirse cien años de conocida por la humanidad la radiactividad, dedicada a la memoria de los grandes precursores a cuyos fundamentales descubrimientos tanto le debe hoy la humanidad.

El electrón (1897-2017), su caracterización y trascendencia para el desarrollo de la Física en el siglo xx⁵

El trienio 1895-1897, quizás sea uno de los más fructíferos para el desarrollo posterior de la Física en el siglo xx. El 8 de noviembre de 1895 W. C. Roentgen descubre los Rayos X, el 1 de marzo de 1896 A. H. Becquerel descubre la radiactividad y J. J. Thomson el 30 de abril de 1897 sugirió la posible existencia de partículas de dimensiones 1 000 veces menor que la de los átomos, expresada como conclusión de los experimentos que había realizado con los Rayos Catódicos y observar que ellos pasaban a través del aire; sugiriendo también la posibilidad de que estos rayos fuesen desviados de su trayectoria por la acción de campos eléctricos y magnéticos, al considerar que poseían carga eléctrica. En mayo de 1897 realiza estos últimos experimentos y como resultado concluye que los rayos catódicos, eran corpúsculos de masa m y carga eléctrica e , al determinar la relación carga eléctrica a la masa (e/m) = $1,76 \cdot 10^{11}$ C/kg. En agosto de 1897, J. J. Thomson publica todos estos resultados en *Phil. Mag.*, bajo el título “Cathode Rays”.

Al celebrarse este IV Taller en mayo de 2017, cuando se cumplían 120 años de aquel mayo en que Thomson realizó por primera vez sus experimentos que conllevaron al descubrimiento del electrón permítanme recordar las ideas fundamentales de sus experimentos y comentar sobre su valor metodológico para el desarrollo posterior de la física hasta los años de la década

⁵ Conferencia inaugural del IV Taller de Enseñanza de la Física Universidad de Oriente, 12 de mayo de 2017.

de 1930, incluyendo que con su mismo método se hicieron otros valiosos descubrimientos.

Experimento de Thomson

El experimento de Thomson tenía por objeto demostrar que los rayos catódicos podían desviarse mediante el uso de campos cruzados, y por tanto, se componían de partículas cargadas. Midiendo la desviación de estas partículas, Thomson pudo demostrar que todas las partículas tenían la misma relación carga eléctrica a la masa (e/m) y determinó este cociente. Demostró que las partículas con esta razón carga a la masa pueden obtenerse utilizando un material cualquiera como cátodo, lo que significa que estas partículas, ahora denominadas electrones, son un constituyente fundamental de toda la sustancia.

Los electrones son emitidos por el cátodo, que está a un potencial negativo con respecto al ánodo. El ánodo origina un campo eléctrico, que acelera los electrones, los que llegan a una región donde existe un campo eléctrico perpendicular a la velocidad inicial, los electrones se aceleran verticalmente, por lo que se desvían e inciden en una pantalla fluorescente situada en el extremo del tubo con cierto desplazamiento d respecto al punto donde incidirían, si no existiese ese campo eléctrico.

El experimento de Thomson constó de dos fases:

1. La determinación de la velocidad del haz de electrones mediante un campo eléctrico y otro magnético perpendiculares entre sí y a la dirección del haz. Ajusta la intensidad de los campos hasta hacer que el haz no se desvíe.
2. Una vez conocida la velocidad de los electrones, se interrumpe el campo magnético y se procede a la determinación de la relación carga/masa, midiendo la desviación del haz solo bajo la acción del campo eléctrico.

En su experimento, Thomson obtiene el valor de $(e/m) = 1,76 \cdot 10^{11}$ C/kg. Con esto se establece un método de trabajo, que tiene un gran valor histórico y metodológico en el desarrollo de la física de su época y con posterioridad relativo a la caracterización de las partículas.

Caracterización de los Rayos Beta y Alfa

El primer impacto de este método de Thomson se tiene ya entre los años 1899 y 1900, cuando Becquerel, Geisel y otros lograron desviar los rayos becquerelianos en campos magnéticos e identificar a los rayos beta de las radiaciones del uranio como electrones, pues ellos también obtienen que el valor de la relación carga eléctrica a la masa de los rayos beta era igual al de los rayos catódicos obtenido por Thomson $(e/m) = 1,76 \cdot 10^{11}$ C/kg.

De igual forma, con el mismo método se obtiene por Rutherford y colaboradores un valor de $(q/m) = 4,8 \cdot 10^7$ C/kg para las radiaciones alfa, valor que comparan con el que había obtenido en 1833 Faraday en procesos de electrolisis para los iones de hidrógeno a partir de:

$$(F/M_H) = (q/m) = 96500/1,008 = 9,6 \times 10^7 \text{ C/Kg}$$

$F = 96500$ C/atomogramo número de Faraday, $MH = 1,008$ Kg el atomogramo de hidrógeno.

Comparando ambos resultados se concluyó que los rayos alfa debían tener con relación al ion de hidrógeno:

1. Si tenían igual carga eléctrica, su masa debía ser la mitad.
2. Si tenían igual masa, su carga eléctrica debía ser cuádruple.
3. Si tenían el doble de la carga eléctrica, su masa debía ser cuádruple.

Al encontrar átomos de helio entre las sustancias de la muestra radiactivas se concluyó que las partículas alfa eran átomos de helio doblemente ionizados He^{++} , pues cumplían con la tercera condición.

Un segundo impacto de las ideas de Thomson en ese mismo período de tiempo fue la aceptación por la comunidad científica de físicos de la noción de que las partículas podían atravesar la sustancia siguiendo la sugerencia de Thomson del 30 de abril de 1897 cuando sólo se refería al aire. Esto fue posible por el aumento de la intensidad de las radiaciones becquerelianas obtenidas del Ra en comparación con la del U y el Th y a que los rayos betas —electrones— podían atravesar finas láminas me-

tálicas, destruyéndose así el mito de la “impenetrabilidad de la sustancia”.

Masa en reposo y masa relativista

En el mismo corto período de tiempo señalado al inicio, a los descubrimientos mencionados, se adicionan: las concepciones de la teoría electrónica de Lorentz, Larmor y Thomson; la relatividad del espacio y el tiempo (transformaciones de Fitzgerald y Lorentz) de 1897. Y relacionada con estas últimas o más bien dándole el toque final y con más armonía surge en 1905 la Teoría Especial de la Relatividad de Albert Einstein.

En este período de 1895 al 1905 surgen las primeras ideas tendientes a negar la constancia de la masa, haciendo de ella una función del movimiento, o sea, la formulación de los conceptos de masa relativista y masa en reposo, que se basan en hipótesis, conjeturas y deducciones teóricas; sin mediciones precisas, directas o indirectas de la masa en función de la velocidad, las únicas mediciones realizadas en esa época, fueron hechas en 1901 por Kaufmann, como se afirma por Malley:

Los rayos beta, las partículas de mas alta velocidad aprovechables a la razón, fueron valiosas para el estudio del importante efecto teórico de la velocidad sobre la relación (e/m). Las investigaciones de Walter Kaufmann, habían mostrado que esa relación decrecía aproximadamente como era requerido por la electrodinámica corriente.

Kaufmann publica sus resultados en: *Physikalische Zeitschrift* con el título “Entwicklung des Elektronenbegriffs”. Mostrando y explicando la instalación utilizada, tabulado y graficando los datos. Estos experimentos de Kaufmann son el inicio de una serie de trabajos cuyos resultados tratan de justificar el amplio uso dado a los conceptos de “masa en reposo” y de “masa relativista”, a los cuales en 1989 L. Okun cuestiona, mostrando la inconsistencia de emplear ambos y proponiendo aceptar un solo concepto de masa, en el sentido newtoniano, como una magnitud para caracterizar una propiedad de las partículas e invariante respecto a la velocidad.

Sobre las experiencias de Kaufmann, el físico, matemático y filósofo francés Henri Poincaré comenta:

Desgraciadamente, sus primeras experiencias no fueron muy precisas para esto (poner en evidencia la ley de variación de la masa), también ha creído deber reiniciarlas con más precauciones y midiendo con mucho cuidado la intensidad de los campos... La cuestión es de tal importancia que sería de desear que las experiencias de Kaufmann fueran tomadas por otros experimentadores.

Poincaré, a la luz del descubrimiento del electrón (rayos catódicos y rayos beta) y a partir de la analogía entre la oposición que ejerce la autoinductancia a la variación de la intensidad de la corriente y la inercia de cuerpo a las variaciones de su velocidad, escribe en su libro *Ciencia y Método*:

Si la velocidad de un corpúsculo catódico llega a variar, la intensidad de la corriente correspondiente variara igualmente, y se desarrollarían los efectos de inducción propia que tenderán a oponerse a esta variación.

Estos corpúsculos deben tener, por tanto, una doble inercia: primero su inercia propia y segunda la inercia aparente debido a la autoinducción que produce los mismos efectos. Tendrán entonces una masa total aparente, compuesta de su masa real y de una masa ficticia de origen electromagnético. El cálculo muestra que esta masa ficticia varía con la velocidad y que la fuerza de inercia de autoinducción no es la misma cuando la velocidad del proyectil se acelera o se frena, o cuando es desviada; lo mismo sucede con la fuerza de inercia aparente total.

La masa total aparente no es la misma, cuando la fuerza real aplicada al corpúsculo es paralela a su velocidad, pues tiende a acelerar el movimiento, o cuando es perpendicular a esta velocidad y tiende a hacer variar la dirección. Es preciso entonces distinguir la masa total longitudinal y la masa total transversal.

Estas dos masas totales dependen, por otra parte, de la velocidad. He aquí lo que resulta de los trabajos teóricos de Abraham de 1903.

Estas ideas que resume Poincare tienen su inicio en el trabajo de J. J. Thomson (1881), en el que analiza el movimiento de una esfera cargada de radio a moviéndose en un medio dieléctrico ilimitado de capacidad específica inductiva k . Al moverse la esfera crea un desplazamiento eléctrico a través del campo y como la esfera se mueve ese desplazamiento en cada punto es variable.

De acuerdo con la teoría de Maxwell ese desplazamiento eléctrico produce el mismo efecto de una corriente eléctrica; en un campo que existe una corriente eléctrica es un almacén de energía; por tanto el movimiento de la esfera cargada disipa energía, consecuentemente el movimiento de la esfera cargada a través del dieléctrico debe sufrir una resistencia. Pero como la teoría de la variación del desplazamiento eléctrico no se corresponde con la de la resistencia en los conductores en el sentido de que no hay disipación de energía en el medio.

Por tanto la resistencia no puede ser análoga a la fricción ordinaria, pero puede corresponderse a la resistencia que sufre un sólido al moverse en el seno de un fluido, en otras palabras debe ser equivalente a un incremento de la masa de la esfera cargada en movimiento, lo cual se procederá a calcular.

La masa de la esfera aumentará en:

$$\frac{4}{15} \frac{\mu e^2}{a}$$

donde

a - radio de la esfera,

e - carga eléctrica de la esfera,

μ - permeabilidad magnética

Poincare al comentar en su libro *Ciencia y Método* las hipótesis de Lorentz y Fitzgerald sobre el principio de relatividad formulados por ellos, para explicar los resultados experimentales

de Mishelson y Morley y considerarlo como una ley general de la naturaleza, escribe como consecuencia del mismo:

Primero nos vemos obligados a generalizar la hipótesis de Lorentz y Fitzgerald sobre la contracción de todos los cuerpos en el sentido de la traslación.

En particular debemos hacer extensible esta hipótesis a los electrones mismos. Abraham considera estos electrones como esféricos indeformables, no será necesario admitir que estos electrones, esféricos cuando están en reposo, sufren la contracción de Lorentz cuando están en movimiento, y toman entonces la forma de elipsoides aplastados.

Esta deformación de los electrones va a influir sobre sus propiedades mecánicas. En efecto, he dicho que el desplazamiento de estos electrones cargados es una verdadera corriente de convención, y que su inercia aparente es debida a la autoinducción de su corriente.

Y la deformación de los electrones, deformación que depende de su velocidad, va a modificar la distribución de la electricidad en su superficie, por consiguiente la intensidad de corriente de convención que produce y de las leyes de acuerdo a las cuales la autoinducción de esta corriente variara en función de la velocidad.

Todo esto parece primero un poco hipotético. Pero se le puede presentar de otra manera, consideremos los electrones y preguntémonos como debe variar su masa en función de la velocidad para no contravenir el principio de relatividad. O, mejor aún, preguntémonos cuál debe ser su aceleración bajo la influencia de un campo electromagnético, para que este principio no sea violado, y caiga sobre las leyes comunes suponiendo la velocidad muy débil. Encontraremos que las variaciones de esta masa o de estas aceleraciones, deben pasar como si el electrón sufriera la deformación de Lorentz.

Es decir la masa pasa a depender de las propiedades del espacio y por ende extrapola a la masa la relación matemática

de la transformación de Lorentz para la coordenada espacial en la dirección del movimiento obteniendo la ecuación:

$$M = m(1 - v^2 / c^2)^{1/2}$$

siendo v y c las velocidades de la partícula y de la luz en el vacío respectivamente, de esta manera los electrones tienen una masa en reposo m y otra M en movimiento, que se generaliza su divulgación como masa en reposo y masa relativista.

Poincare aclara:

En el momento de poner en prensa, nos hemos enterados que el señor Bucherer ha tomado la experiencia, rodeándose de nuevas precauciones, y que ha obtenido por el contrario del señor Kaufmann, resultados que confirman los puntos de vistas de Lorentz.

Bucherer realiza sus experimentos entre 1909 y 1914 retomando las ideas de Kaufmann de medir la relación carga eléctrica a la masa (e/m) de las partículas betas emitidas por una mezcla de $Ra(B+C)$, hoy ^{214}Pb y ^{214}Bi , que alcanzan velocidades de hasta $0,99c$, más exactamente, para electrones con velocidades $0.787 \leq \beta \leq 0.945$), $\beta = (v/c)$, v velocidad del electrón y c velocidad de la luz en el vacío.

La instalación experimental utilizada por Bucherer consiste en una cámara al vacío, situando la muestra emisora de las partículas beta dentro de un condensador de placas planas y paralela con un campo eléctrico de intensidad E .

Dentro de la cámara se genera un campo magnético de intensidad H , por lo que las partículas betas están sometidas a la acción simultanea del campo eléctrico y del magnético. Esto permite seleccionar las partículas beta con velocidades v prefijadas en correspondencia con la diferencia de potencial V del condensador y de la separación d entre sus placas. Esta selección se realiza situando los campos de manera que las fuerzas eléctricas y magnéticas estén en equilibrio, o sea, tal que se cumpla:

$$evH \operatorname{sen} \varphi = eE = eV/d$$

siendo φ el ángulo entre la intensidad del campo magnético H y la dirección de salida de las partículas betas de la fuente emisora. Este ángulo φ queda prefijado según:

$$\text{sen } \varphi = (1/v)(E/H)$$

eligiendo convenientemente los valores de las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos, el ángulo y la velocidad se pueden conocer.

De los electrones seleccionados según su velocidad a la salida del condensador, solo aquellos cuya velocidad forme un ángulo de 90° con la intensidad del campo magnético H describirán una trayectoria circular de radio r y chocarán con una pantalla fluorescente en forma de cilindro que rodea al condensador, el resto seguirán una trayectoria en forma de hélice y no chocarán con la pantalla.

Para que los electrones seleccionados sigan la trayectoria circular se debe cumplir, la segunda ley de Newton:

$$F_m = evH = M v^2/r$$

de donde:

$$(e/M) = v/Hr$$

Conociendo la velocidad y midiendo Hr rigidez magnética se determina la relación carga eléctrica a la masa de los electrones, valor que se compara con el obtenido por J. J. Thomson para los termoelectrones que es de $1,76 \cdot 10^{11}$ C/kg.

Resultados obtenidos por Bucherer se muestran en la tercera columna (e/M) de la tabla 1, como se observa su valor decrece con el aumento de la velocidad tal y como había observado Kaufmann y diferenciándose del valor obtenido por Thomson.

Tabla 1. Comparación de los resultados de Bucherer y Thomson

v m/s	v/c	(e/M) C/kg	(e/m) C/kg
$1,28 \cdot 10^8$	0,4281	$1,590 \cdot 10^{11}$	$1,760 \cdot 10^{11}$
$1,55 \cdot 10^8$	0,5154	$1,510 \cdot 10^{11}$	$1,763 \cdot 10^{11}$
$2,06 \cdot 10^8$	0,6870	$1,384 \cdot 10^{11}$	$1,767 \cdot 10^{11}$

Los valores mostrados en la columna cuatro (e/m), que coinciden dentro del error experimental con el reportado por Thomson fueron obtenidos por Bucherer suponiendo válida la relación (1) y ser dividida en ambos miembros por la carga eléctrica del electrón e .

$$(M/e) = (m/e)(1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Comparando las relaciones (4) y (5) y despejando (e/m), se obtiene:

$$(e/m) = (v/Hr) (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$$

Un análisis de este experimento de Bucherer, permite hacer las siguientes observaciones.

- El tratamiento dinámico del movimiento de los electrones en los campos eléctricos y magnéticos se realiza dentro de los marcos de la mecánica newtoniana.
- Se asume a priori válida la relación $M = m(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ sustentada en la supuesta deformación de los electrones en movimiento en concordancia con las transformaciones de Fitzgerald-Lorentz.
- Se ajustan los datos experimentales de la relación carga eléctrica a la masa obtenidos al valor reportado anteriormente por Thomson, basado en la suposición anterior.

Isotopos y espectrometría de masa

En 1912 explorando la composición de los haces de partículas cargadas positivamente, conocidas entonces como rayos canales Thomson y su asistente F. W. Aston hacen pasar un haz de iones de neón a través de un campo magnético y un campo eléctrico, midiendo su deflexión.

Al colocar una placa fotográfica en su trayectoria, ellos observaron dos puntos en la placa fotográfica, lo que interpretaron que se debía a la existencia de dos trayectorias parabólicas diferentes y concluyeron que el neón estaba compuesto por átomos de diferentes masas atómicas (neón -20 y neón-22), o sea, de dos isotopos. Esa fue la primera evidencia de la existencia de los isotopos para elementos estables, ya que Frederick Soddy previamente había propuesto la existencia de

los isótopos para poder explicar la desintegración de ciertos elementos radiactivos.

Esta separación de isótopos realizadas también por J. J. Thomson fue el primer caso de la espectrometría de masa, la cual fue posteriormente desarrollada y perfeccionada como un método general por F. W. Aston y por A. J. Dempster.

Constitución de los átomos

Modelos de Thomson y de Haas

Con el descubrimiento del electrón como partícula de dimensiones 1 000 veces menor que la del átomo, el propio Thomson en 1903 propone la concepción de que los electrones debían formar parte de los átomos y con ella un modelo del átomo en el que los electrones formaban parte del mismo, al estar incrustados en una esfera con una distribución continua de carga eléctrica positiva, o sea, el conocido pudín con pasas.

A partir del cual según Heilbron J. L. (1985), A. E. Haas, en 1910, en su artículo “Una interpretación electrodinámica del quantum de acción de Planck”, siguiendo la idea de Thomson considera a los electrones de masa m y carga eléctrica e , incrustado en una esfera de radio a , por ejemplo para el átomo de hidrógeno que debía contener un solo electrón, supone que este oscila con un movimiento armónico simple a una frecuencia f por ser la fuerza F eléctrica en la esfera con una distribución continua de carga eléctrica positiva proporcional al radio r .

La máxima energía potencial de esas oscilaciones W la tendría el electrón en el borde de la esfera y Haas considera que esa pudiera ser la máxima energía emitida en forma de un quantum de Planck, o sea:

$$hf = e^2/a \qquad h = 2\pi e(ma)^{1/2} \qquad a = h^2/4\pi^2 e^2 m$$

Siendo h la constante de Planck y a el radio del átomo, valor que coincide con el calculado por Bohr tres años después a partir del modelo del átomo planetario propuesto por Rutherford.

Modelo de Bohr

En este modelo el electrón se mueve en torno al núcleo en órbitas circulares estables, con la condición *ad hoc* de que el módulo de su momento angular L está cuantizado, pudiendo solo tomar valores discretos que sean un múltiplo entero de la constante de Dirac, dados por la expresión:

$$L = nh / 2\pi, \quad n = 1; 2; 3; \dots$$

A partir de esta suposición y utilizando las expresiones del potencial de Coulomb de la interacción entre el electrón y el núcleo de cargas eléctricas de igual valor y signos contrarios y las leyes de la mecánica newtoniana, se obtiene el valor de la energía total del electrón, la cual, entonces, por la cuantización del momento angular L , también solo puede tomar valores discretos o cuantizados, energía que expresada en electrón-Volt (eV) está dada por:

$$E_n = - 13,60 / n^2$$

El electrón puede saltar de una órbita a otra absorbiendo o emitiendo energía, en forma de un quantum y, en el proceso, se satisface la ley de conservación de la energía. Utilizando la expresión de la energía del quantum, la ecuación del balance energético se puede escribir como:

$$h\nu = /E_{n_1} - E_{n_2}/$$

Combinando las ecuaciones correspondientes y al sustituir en la expresión resultante la relación entre la frecuencia y la longitud de onda, $\lambda\nu = c$, se deduce la ecuación de la serie de Balmer y, con ella, una expresión para la constante de Rydberg

$$1/\lambda = R (1/ 2^2 - 1/ n^2)$$

Descubrimiento del protón y del neutrón

Rutherford en 1919 siguiendo la misma idea con la cual Geiger y Marsden guiados por él realizaron los experimentos de dispersión de las partículas alfa entre 1907 y 1911 teniendo como blanco láminas delgadas de oro $Z = 79$, y de los cuales concluyó que el átomo estaba constituido por un núcleo central cargado positivamente, de dimensiones aproximadamente 1 fm y donde estaba concentrada la mayor parte de su masa. Plantea la realiza-

ción de experimentos similares utilizando como blanco átomos de menor Z con el fin de disminuir la interacción coulombiana y que las partículas alfa-proyectiles se acercaran más al núcleo o incluso penetrando en él. Con este fin usa como blanco átomos de nitrógeno $Z = 7$, o sea, Z diez veces menor, montando una instalación como la mostrada.

Obteniendo la transformación:



que es la primera reacción nuclear.

Rutherford en esta experiencia identifica a los protones como iones de hidrógeno, o sea, $p = H^+$ al utilizar el mismo método de Thomson, o sea, desviando su trayectoria al hacerlos pasar por campos eléctricos y magnéticos, para determinar su relación carga eléctrica a la masa, obteniendo el valor de:

$$(q/m) = 9,6 \times 10^7 \text{ C/Kg}$$

que coincide con el hallado por Faraday en los procesos de electrolisis.

Este experimento es crucial para el desarrollo de la incipiente Física Nuclear y de las Partículas Fundamentales actual; se realiza la primera transmutación nuclear artificial y se descubre otra partícula: el protón.

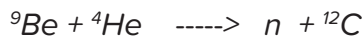
Al coincidir los protones con los iones de hidrógeno, surge la idea de que los núcleos debían estar constituido por protones, así, Rutherford plantea la hipótesis de que el átomo de hidrógeno debía estar constituido por un protón, que es su núcleo y el electrón externo, lo que concordaban con los resultados del modelo de Bohr.

Los núcleos de los otros átomos, entonces también debían tener en su núcleo protones en una cantidad tal que coincidiera con el número del lugar que ocupaban en la tabla periódica de Mendeleiev, o sea su Z , esto llevaba a una dificultad con el valor de su masa. Para ello se pensó que el núcleo tendría A protones, para que su masa coincidiera aproximadamente con la de los átomos, pero entonces la carga eléctrica del núcleo aumentaba con relación al lugar que ocupaban en la tabla periódica.

En esta situación se optó por considerar que en el núcleo también debía tener una cantidad de electrones tal que la cantidad de protones en el núcleo no aportarían aproximadamente el doble de su carga eléctrica, la que se debía compensar con los electrones. Pero Rutherford con su brillante intuición creadora prefirió “inventar” una partícula de masa aproximada a la del protón, pero neutra eléctricamente y que bautizó con el nombre de neutrón y la colocó dentro de los núcleos atómicos junto con los protones.

Los electrones ya eran conocidos desde el experimento de Thomson, cuyo 120 años celebramos hoy, pero esos neutrones nadie los había encontrado, por eso esa idea fue desechada.

Las investigaciones sobre las reacciones nucleares persiguieron su curso y para 1930 Irene Joliot Curie, su esposo y otros investigadores encuentran reacciones análogas a la siguiente:



Siguen el mismo método de Thomson y Rutherford de hacer pasar a esa partícula por campos eléctricos y magnéticos para determinar su relación carga eléctrica a la masa. Su exitoso resultado fue que no lograron hacerlo, llegando a la conclusión de que esas partículas eran neutras.

Las partículas neutras conocidas eran los cuantos $h\nu$ de Planck y Einstein, por lo que se intentó encontrar su efecto Compton, dispersándolos en diferentes materiales, entre los que se utilizaron estaba la parafina. Encontrándose que situado campos magnéticos y eléctricos después del blanco de parafina se registraban partículas cuya relación carga eléctrica a la masa coincidía con la de los protones, o sea, $(q/m) = 9,6 \times 10^7 \text{ C/Kg}$.

Si existía, como se suponía el efecto Compton, las partículas dispersadas no eran los electrones como sucedía con los Rayos-X; ahora se dispersaban protones, los cálculos correspondientes no satisfacían las leyes de conservación de la energía y del momento lineal. Con este estado de cosas en 1932 Chadwick, quien en 1920 trabajaba con Rutherford, quizás recordando la inventada partícula neutra de este último de masa aproximada a la del protón, realiza los cálculos correspondientes con las leyes de conservación de la energía y el momento

lineal considerando la colisión elástica entre ese supuesto neutrón y el protón, y ambas leyes se satisfacían plenamente. Esto le permitió a Chadwick en 1932 erigirse como descubridor del neutrón y recibir el Premio Nobel por este hecho.

Postulado de d'Broglie

Que asocia al electrón una longitud de onda λ , relacionada con el módulo de su cantidad de movimiento p , según la relación: $\lambda = h/p$, o sea, se introduce la dualidad onda-partícula. Sobre la cual el propio d'Broglie escribe: A la luz se le consideró por mucho tiempo como una onda, al electrón desde su descubrimiento se le ha dado un carácter corpuscular, no se habrá cometido el mismo error. De estas ideas surge la Ecuación de Schroedinger, $(d^2 \psi/dr^2) + (8\pi^2 m/h^2)(E - V)\psi$, cuya solución para un potencial coulombiano muestra toda su coincidencia con el modelo de Bohr, sin la condición *ad hoc* de cuantización.

Se obtienen patrones de difracción de los electrones en 1927, por lo que se corrobora la hipótesis de d'Broglie.

Descubrimiento del positrón

En 1928 Pauli, con la ecuación relativista que hoy lleva su nombre, caracterizado al electrón, predice la existencia del positón o positrón, la antipartícula del electrón.

En 1932 David Anderson analizando fotografías de los rastros de rayos cósmicos en la cámara de ionización, descubrió una partícula con la misma carga positiva que un protón e igual masa que un electrón, o sea, el positrón.

A modo de conclusiones, la metodología utilizada por J. J. Thomson en 1897 para la caracterización del electrón permitió establecer un método experimental, empleado para desarrollar otros experimentos de vital valor para el desarrollo de la Física en las tres primeras décadas del siglo xx.

Con el mismo método propuesto por Thomson se realizó la caracterización de las radiaciones alfa y beta, de los protones, positones e, indirectamente, de los neutrones.

Esa misma metodología fue la base experimental de los experimentos de Kaufmann y Bucherer en la primera década del si-

glo xx, cuyos resultados se interpretaron como la corroboración de la “masa en reposo” y la “masa relativista”, inicialmente de los electrones que se movían a velocidades cercanas a la de la luz.

La caracterización del electrón en 1897 por J. J. Thomson permitió establecer una estructura de los átomos, o sea, que estos dejaron de ser indivisibles, como es etimológicamente el origen del término.

Los neutrones bambinos y otros congéneres⁶

La riqueza y belleza de los matices que rodean los descubrimientos trascendentales en el desarrollo histórico de la Física son muy diversos y a su vez muy peculiares o propios de cada hecho en particular. Pero tienen en común, aquello de ser una fuente inagotable de enseñanza en la que todos los que nos dedicamos a la ciencia debemos de beber y promover su divulgación, estudio y análisis.

Siguiendo esta última línea de pensamiento, como primera actividad del Grupo de la Sociedad Cubana de Física en Santiago de Cuba, creado en el pasado mes de mayo en el marco del III Taller de Enseñanza de la Física, hoy nos volvemos a encontrar, eligiendo como fecha este 14 de junio.

Esta fecha sea escogido porque el 14 de junio de 1956, hace precisamente 60 años, desde una oficina de correos de Carolina del Sur fue enviado un telegrama de triunfo hacia Zúrich y a pesar de estar errada la dirección del destinatario; este fácilmente fue localizado. Quizás este telegrama no llamó la atención de los empleados del correo y ellos ni se percataron que dicho telegrama era la respuesta a una carta fechada en

⁶ Conferencia dictada el 14 de junio de 1996 en conmemoración del XL aniversario del descubrimiento del antineutrino electrónico por Reines y Cowan y con ciertas variaciones (como aparece en el texto) se volvió a dictar el 14 de junio de 2016 en el LX aniversario de ese acontecimiento y como primera acción oficial del recién creado en el marco del III Taller de Enseñanza de la Física en la Universidad de Oriente, celebrado en el mes de mayo, del Grupo de la Sociedad Cubana de Física en Santiago de Cuba (GSCFSCu).

Zúrich aproximadamente veinticinco años y medio atrás y con otro destino, la ciudad de Tübingen.

El destinatario de ese telegrama era Wolfgang Pauli, quien firmo aquella carta de diciembre de 1930, los remitentes Clyde Cowan y Frederick Reines; su texto encerraba una sola idea - sus neutrones *bambinos* existen, los detectamos, no son un *poltergeist*.

Por tal detección la Honorable Academia de Ciencias Sueca galardono con su Premio Nobel de Física de 1958 a Frederick Reines, pero desafortunada y lamentablemente no pudo compartirlo con su profesor, colega y amigo Clyde Cowan, por este haber fallecido en 1974, aunque si lo compartió con el Profesor Martin Perl del Centro del Acelerador Lineal de Stanford, al dedicarse el Nobel de 1958 al tema de los leptones.

El profesor Perl también hizo un gran aporte en esta temática al descubrir en 1976 con el colisionador de electrones-positrones SPEAR el lepton Tau, que también tiene su “neutrón bambino”, el neutrino tauónico. Ambos neutrinos tienen el mismo valor para el modelo standard de la física de las partículas fundamentales hoy en día.

Por eso hoy en conmemoración del LX aniversario de la detección de los antineutrinos electrónicos por Reines y Cowan, que bien puede tomarse con poco poder de resolución para dividir la historia de las partículas “elementales”-fundamentales en dos grandes etapas: antes y después de Reines y Cowan; permítaseme platicar sobre algunos episodios de los neutrinos bambinos y otros de sus congéneres.

Antes de Reines y Cowan

Electrones y fotones (cuantos)

La historia de las partículas fundamentales consideradas en la actualidad se inicia precisamente con los leptones y con el pariente más cercano del antineutrino detectado por Reines y Cowan, o sea, con el descubrimiento y caracterización de los electrones, 59 años antes por J. J. Thompson (Nobel de Física de 1906), cuyos primeros resultados experimentales fueron

obtenidos en mayo de 1897. Todos, incluyendo la determinación de la relación carga eléctrica a la masa (e/m) y la idea del electrón como constituyente universal de la sustancia Thompson los publica en el mes de agosto.

Los mismos electrones descubiertos por Thompson entre los años 1899 y 1900 son identificados, casi simultáneamente por Rutherford, Becquerel, Geitel, Elster, Mayer, Marie y Peter Curie como uno de los constituyentes de las radiaciones becquerelianas, como los rayos beta proveniente del uranio y otros elementos radiactivos descubiertos a partir de 1896.

A fines de 1900, en el transcurso de sus últimos tres meses, como resultado de un acto de desesperación y como producto de un proceso formal en la deducción de la fórmula que concordaba excelentemente con los datos experimentales relativos a la emisión de la radiación por los cuerpos negros, Max Planck (Nobel de Física 1918) introduce el concepto dudoso de *quantum* de energía de la radiación electromagnética.

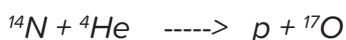
Concepto que comienza a emplearse para reflejar y caracterizar las propiedades de “ciertas partículas” a partir de 1905 con la explicación dada por Albert Einstein (Nobel de Física en 1921) en su artículo “Sobre un punto de vista heurístico del surgimiento y transformación de la luz” publicado en *Ann. der, Phys.*, donde se explica teóricamente el efecto fotoeléctrico. Lo que es corroborado experimentalmente por Millikan (Nobel de Física 1923) y dado a conocer en su artículo “A direct photoelectric determination of Planck's h ”.

La contribución decisiva y que despejo los aspectos dudosos del quantum, y que estos verdaderamente constituyen partículas fue el de la dispersión de los Rayos-X por los electrones, efecto descubierto por Compton (Nobel de Física, 1927), o sea, el conocido efecto Compton.

Estas partículas bajo el nombre dado por Lewis en 1926 de fotón, hoy en día es otra de las partículas fundamentales aceptadas por la comunidad científica.

Los protones

Una tercera partícula aceptada por mucho tiempo como “elemental” fue descubierta por Rutherford (Nobel de Química en 1908) en 1919, y es el protón. Los protones libres fueron obtenidos por Rutherford como resultado de la primera transformación artificial de un isótopo en otro, en este caso en la primera reacción nuclear conocida de transformación del nitrógeno en oxígeno.



Este hecho además de constituir un gran paso histórico por haberse realizado la primera reacción nuclear y descubrirse el protón, desde el punto de vista metodológico posee el alto valor de vislumbrar al método de investigación de las colisiones entre partículas como el único y fundamental método para establecer las nuevas concepciones físicas a medida que aumenta el valor de la energía y disminuye la distancia entre las partículas. Si bien, las colisiones en el establecimiento de las primeras concepciones de la Física Clásica jugaron su rol, como señala Newton en sus *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, cuando escribió: a partir de esas leyes y de la III, Sir Christopher, el Dr. Willis y el Sr. Huygens, los mejores geómetras de nuestros tiempos, determinaron de diversos modos las reglas de impacto y reflexión de los cuerpos duros mediante experimentos sobre péndulos.

Las investigaciones de las colisiones eran casos particulares dentro del gran arsenal de procesos físicos a analizar entre los macro cuerpos, pero a nivel de átomos y moléculas el rol de las colisiones, tanto experimental, como teóricamente fue aumentando. El primer gran paso fue el descubrimiento del núcleo atómico en 1911 —mediante experimentos y cálculos sobre la dispersión de las partículas alfa—; el segundo, ya en el establecimiento de las concepciones cuánticas dentro de los átomos con los experimentos de Franck y Hertz de 1913 publicados casi simultáneamente con los resultados de la Teoría de Bohr del átomo de hidrógeno; un tercer ejemplo de esos primeros tiempos también lo es el ya mencionado efecto Compton. Si seguimos la historia hasta nuestros días nos convenceremos del rol decisivo de las colisiones como único método para descubrir

los secretos escondidos por la naturaleza en lo más interno de la estructura de la materia.

Así treinta y seis años antes de Reines y Cowan los científicos aceptaban una Trinidad de partículas “elementales-fundamentales”, v. gr. el electrón, el fotón o quantum (nombre con el cual aún se identificaba) y el protón. Con ellos tres siguiendo el legado cartesiano del capítulo IV de su obra *El mundo o tratado de la luz* se intenta “crear el mundo imaginario”, o sea, la modelación física del mundo real. Los electrones y protones constituyen el núcleo atómico, estos con los electrones constituyen el átomo, la unión de los átomos conforman las moléculas y así sucesivamente hasta llegar al Universo; mientras que los fotones o quantum dan cuenta de las transiciones energéticas en los núcleos, átomos y moléculas.

De tal forma, en ese “mundo imaginario” creado alrededor de 1920 para explicar la estructura del átomo no se necesitaban más que tres constantes: la constante de Planck (h), la masa del electrón (m) y la carga eléctrica del electrón (e). Pero, entre los adeptos de esta concepción no se encontraba la musa que guiaba la brillante intuición creadora de Rutherford. El en esa época prefirió “inventar” una partícula de masa aproximada a la del protón, pero neutra eléctricamente y que bautizo con el nombre de neutrón y lo colocó dentro de los núcleos atómicos junto con los protones.

Los resultados alcanzados en la década de los años veinte del siglo xx, v. gr. el spin, los momentos magnéticos de las partículas, la relación de indeterminación de Heisenberg, mostraban la certeza de la idea rutherfordiana.

Por tanto, en 1930 eran conocidas tres partículas: el electrón, el protón y el fotón; y dos tipos de interacciones: la gravitatoria y la electromagnética.

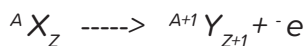
La desintegración beta y la conservación de la energía

Adicionalmente ya Paul Dirac (Nobel de Física de 1933) había predicho teóricamente en su formulación de la Mecánica Cuántica Relativista en 1928 una cuarta partícula de masa igual a la del electrón e igual valor de la carga eléctrica, pero de signo contrario; y Rutherford había “inventado” una quinta, el neutrón.

En este ambiente, con una partícula predicha teóricamente y otra “inventada”, que no se conocían, bajo otras circunstancias, que a decir de León Lederman (Nobel de Física en 1988) —era perfectamente obvio que Pauli inventara el neutrino... en un acto de desesperación a los que los experimentalistas llevan a los buenos teóricos, como Pauli—.

Esas circunstancias especiales se inician con el resultado experimental obtenido por el joven discípulo de Rutherford, Chadwick en 1914, quien encontró el espectro continuo de la radiación beta. Resultado que no se comprendía en una época en que ya el pensamiento científico se estaba amoldando a los espectros discretos de energía.

Los electrones emitidos en los procesos de transmutaciones radioactivas volvían a aparecerse con un espectro continuo. Además dos núcleos idénticos, bajo las mismas condiciones al pasar uno al otro:



Debían liberar la misma cantidad de energía, como ocurría con la emisión de partículas alfa y en todas las reacciones nucleares estudiadas hasta 1930, pero los electrones-beta de esa energía adquirirían en cada caso un valor diferente.

Por otra parte el 8 de mayo de 1930 en la Sociedad Química de Londres en su *Conferencia Faraday, La Química y la Teoría Cuántica de la Estructura Atómica* Bohr expresó: “En la teoría atómica, no obstante a todos los novedosos progresos, debemos estar preparados para nuevas sorpresas...”. Y Bohr confeso su sorpresa: “[...] como se observa el balance energético en la desintegración beta no se corrobora, eso significa que los núcleos están estructurados de tal forma, que un día nos obligan a desechar la idea de la conservación de la energía”.

En el marco de este panorama científico, repitiéndose la historia de la “conservación de la energía en capilla ardiente ante el cadalso”, la desesperación de Pauli, análoga a la Planck, y más conservador que la ley de conservación que estaba en duda lo llevo a introducir en el juego una nueva partícula, “inventada”, no observada. Pero que podía tomar la energía que los electrones-beta no aceptaban y el balance energético se

satisfacía y con ella también recibía una transfusión salvadora el principio de exclusión de Pauli.

La primera publicación oficial de Pauli sobre los neutrinos, nombre que aparece solo en los documentos de la Septime Conseil de Physique Solvay 1933, Gauthier-Villars, Paris, 1934, las primeras ideas al respecto fueron dadas a conocer por Pauli en una carta enviada con Geiger y Lise a un encuentro de físicos en la ciudad de Tübingen en diciembre de 1930, carta que fue celosamente guardada por Lise y que fue publicada y divulgada ampliamente varios años después, mi versión en español de la misma es:

Instituto de Física de la Escuela
Técnica Superior, Zúrich
Zúrich, 4 diciembre de 1930

Gracias al Sr. que está en la Gloria

Caros, Damas y Caballeros radiactivos

Como, el portador de estas líneas, a quien solicito de Ustedes le presten la más cortes atención, le explicara con más detalle. Yo he encontrado, téngase en cuenta la estadística “irregular” de los núcleos de N y Li-6 y el espectro beta continuo, una vía audaz y oportuna de salvar la “Wechselsatz” —la estadística de Fermi— y la conservación de la energía. Eso es posible, si unas partículas eléctricamente neutras, las cuales denominare neutrones, pueden existir en el núcleo, teniendo spin $1/2$ y obedeciendo al principio de exclusión. Además ellas difieren de los cuantos de luz en que no se desplazan a la velocidad de la luz. La masa del neutrón debe ser del mismo orden de magnitud que la del electrón y en cualquier otro caso no mayor que 0,01 vez la masa del protón. El espectro-beta puede ser comprensible con la suposición que en la desintegración-beta un neutrón es emitido con el electrón de tal forma que la suma de la energía del neutrón y la del electrón es constante.

A parte del problema aparecido sobre cuales fuerzas actúan sobre el neutrón. Por premisas de la mecánica

ondulatoria (el portador de estas conoce más acerca de eso) a mí me parece que el modelo más similar del neutrón debe ser, que el neutrón en reposo es un dipolo magnético con cierto momento μ . Los experimentos aparentemente requieren que el efecto de ionización de tales neutrones no sea mayor que el de los rayos-gamma, en tal caso el μ debe no ser mayor que (10^{-13} cm).

Por el momento no deseo aventurarme a publicar cualquier otra cosa sobre esas nociones y deseo, primero, que todos me devuelvan la confianza depositada en ustedes, Caros radioactivos, con el asunto relativo a las propuestas de verificación experimental de la existencia de uno de tales neutrones, si él tiene el mismo o por ventura un poder de penetración 10 veces mayor al de los rayos-gamma.

Yo admito que mi proposición a primera vista puede parecer improbable, porque si los neutrones existieran, ellos deberían haber sido descubiertos hace ya mucho tiempo. No obstante, sin riesgos no se gana nada, y es muy seria la situación con el espectro-beta continuo como es mostrado por mi estimado predecesor en mi puesto, el Sr. Debye, quien recientemente en Bruselas me confeso: “Oh, esto lo mejor es ignorarlo completamente, justamente igual a los nuevos impuestos”. Por tanto nosotros debemos analizar seriamente todas las vías de salvación. Así, Caros radioactivos, consideren y juzguen. Desafortunadamente yo no puedo personalmente ir a Tubingen, ya que mi presencia aquí es esencial por motivo de tener un baile en la noche del 6 al 7 de diciembre en Zúrich.

Con la amable consideración para todos Uds. y a Mr. Back, queda su humilde servidor.

W. Pauli

De esta manera, se puede datar al 4 de diciembre de 1930 como la fecha del inicio público de la Física de los Neutrinos, no obstante haberlos bautizados como neutrones y con las propiedades de existir dentro del núcleo y emitirse junto con los electrones-beta. Quien le da el nombre de neutrino —neutrón

bambino— es Erico Fermi (Nobel de Física de 1938) en la ya mencionada Conferencia Solvay de 1933, aunque él ya conocía la hipótesis de Pauli desde 1931 en una Conferencia Internacional de Física Nuclear, donde se discutía el problema de la desintegración-beta y Borh seguía abogando por la no conservación de la energía en estos procesos. Fermi, Lise Meitner y otros creyeron en Pauli; pero otros como Paul Ehrenfest eran acérrimos enemigos de la partícula inventada por Pauli y no perdían ocasión alguna para burlarse de él.

Una de estas burlas pública aconteció el abril de 1932 en ocasión de celebrarse la Tercera Conferencia de Copenhague en el Instituto de Bohr, en cuya clausura celebraron su *Fausto* —representaciones teatrales humorísticas— de los físicos presentes. Esto fue después del 27 de febrero de 1932, cuando ya Chadwick (Nobel de Física de 1935) había concluido sus experimentos finales y dio a conocer el descubrimiento del verdadero neutrón. En esa representación de abril de 1932, Erenfest en el rol de *Fausto* entra en escena y dirigiéndose a Pauli recitó:

No vengo con las partículas beta
¡Corren! donde estás tú,
Todos siguen mis huellas,
Carga yo no tengo
Masa ínfima
Me llaman neutrino
Y tú eres mi creador.

Y después apareció en escena Chadwick balanceando muy seguro una esfera negra en el dedo índice y recitando:

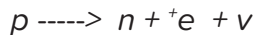
Se nos apareció en el cielo el neutrón
Tiene, el masa y es pesado,
Fuerte y libre de carga.

Estos chistes reflejan las discusiones científicas de esta época en el dilema neutrón-neutrino, una de las hipótesis planteadas y la acertada fue la de Chadwick al plantear la transformación:



Fermi en 1933, dos meses después de la Conferencia Solvay apoyándose en la transformación propuesta por Chadwick y por supuesto en la hipótesis de Pauli envía a la revista *Nature* su famoso artículo “A tentative theory of beta-decay”, una teoría cuantitativa y auto consistente de ese proceso. Pero le sucedió lo mismo que hizo en el siglo XIX Poggendorf, redactor de *Annalen der Physik* con el trabajo de Robert Mayer sobre la conservación de la energía, el neo-poggendorf-censor de *Nature* considero que el artículo era muy abstracto y no despertaría el interés de los lectores y le devolvió el trabajo a Fermi, quien no se desencantó y lo envió a la revista *Nuovo Cimento*.

Esta teoría de Fermi se correspondía con los datos experimentales, pero en su estructura estaban los neutrinos, no detectados de Pauli, en ese año se descubre la desintegración positrónica:



En los que también estaban los neutrinos involucrados. La primera mitad de la década de los años 30 fue grandiosamente fructífera en cuanto al desarrollo de la física de las partículas “elementales”: Chadwick en 1932 descubre los neutrones; Anderson (Nobel de Física en 1936) en el mismo año descubre en los rayos cósmicos los positrones predichos por Dirac; Fermi con los neutrinos de Pauli conforma su teoría de la desintegración beta; Cockcroft y Walton (Nobel de Física de 1951) diseñan y construyen el primer acelerador de partículas, el ciclotrón en 1931 y en 1932 obtienen la primera reacción acelerando protones sobre un blanco de Li. En 1935 desde la tierra del sol naciente surge resplandeciente la teoría de la interacción nuclear de Yukawa (Nobel de Física de 1949), la interacción entre los nucleones [n, p, \bar{n}, \bar{p}], que lleva en su concepción otra partícula “inventada”: los mesones.

Este es un lustro de nuevas partículas y dos nuevas interacciones la débil de Fermi para explicar la desintegración beta y la fuerte o nuclear de Yukawa, dos interacciones establecidas teóricamente con apenas dos años de diferencias entre una y la otra; en tanto entre las dos ya muy bien conocidas, la gravitatoria y la electromagnética mediaron casi dos centurias, la primera por Newton en 1686 y la segunda por Maxwell en 1863. Estas

dos nuevas interacciones con nombres contrapuesto —débil y fuerte—, como sus dos antecesoras responden a teorías de campo, más ahora con la novedad del campo cuantizado como resultado de la conjugación de las concepciones cuánticas y relativistas en la que se “crean y destruyen” partículas, transmitiéndose la interacción mediante partículas. Los trabajos de Fermi y de Yukawa junto al de Dirac, constituyen la base de la Electrodinámica Cuántica (QED) desarrollada posteriormente por Feynman (Nobel de Física de 1988) y otros.

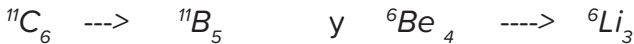
A raíz de la teoría de Fermi y su coincidencia con los resultados experimentales, *v. gr.* forma del espectro continuo de la radiación beta, a los neutrinos había que buscarlos. Iniciándose una fuerte ofensiva para su captura, a pesar de que en 1931 Bethe y Peirls calculan la sección eficaz de interacción de los neutrinos de energía 1 MeV en el proceso inverso de la desintegración beta, o sea:



Concluyendo que los neutrinos son indetectables, este artículo fue publicado en *Nature*, sin ninguna objeción por el censor del artículo de Fermi, como se expresó antes.

La detección de los neutrinos

Las primeras experiencias para corroborar experimentalmente la existencia de los neutrinos fueron realizadas en 1935 por Leipunsky, quien teniendo en cuenta las conclusiones de Bethe y Peierls empleó un método indirecto, al registrar el espectro del núcleo de rechazo de ^{11}B y el de ^6Li que se forman en los procesos de desintegración:



respectivamente, al tener en cuenta que:

$$E_N + E_e + E_\nu = \text{const.} \quad \text{y} \quad p_N + p_e + p_\nu = 0$$

Con mayor exactitud estos experimentos fueron repetidos por Allen en 1942 en el proceso de captura electrónica del ^7Be . Claro estos experimentos en realidad no corroboran la existencia del neutrino, pues no se observa la interacción de los neutrinos libres, por tanto ellos pueden considerarse como una corroboración más de la ley de conservación de la energía.

Entre 1935 y 1946 a los enigmas con que fue inventado el neutrino se añaden otros, algunos de los cuales aún se analizan, otros se resolvieron más tarde y ya en el propio año 1946 si se vislumbró y se predijo la vía de la detección de los neutrinos.

Entre los enigmas aparecidos en ese periodo está el dilema de los neutrinos de Majorana en 1937 y los de Dirac, consistente en que este último diferenciaba el neutrino que acompañaba a los positrones en su proceso de desintegración y al que acompañaba a los electrones en su proceso de emisión, antineutrino; mientras que Majorana consideraba que los neutrinos como el fotón, la partícula y su antipartícula eran idénticas.

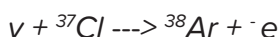
Con este dilema toma auge otro problema ya mencionado por primera vez en 1934 por María Geppert-Maier referente a la doble desintegración beta, en el sentido de que si en este proceso se emitían dos neutrinos o ninguno. Antes de 1956 Davis muestra la no identidad entre el neutrino y el antineutrino.

En 1938 Anderson y Noddermeyer en los rayos cósmicos descubren el primer mesón el muon o mesón μ de masa dos ciento cuarenta veces superior a la del electrón, que no era exactamente el predicho por Yukawa. En tanto en 1941 se encuentra su carácter radiactivo, o sea, su desintegración, midiéndose su vida media y detectándose bien electrones o positrones si eran los mesones μ negativos o positivos respectivamente, lo que a la postre resultó otro enigma.

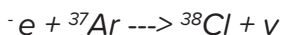
También el 18 de diciembre de 1938 Hans y colaboradores descubren la fisión del uranio, al año siguiente Lise Maitner interpreta dicho fenómeno y como otros lo corroboran, Frenkel y Borh crean la teoría de este nuevo fenómeno. Fermi y colaboradores, quienes desde 1938 habían interrumpido sus trabajos de absorción y moderación de neutrones en Roma por causa de la persecución fascista, y reanuda en 1939 sus trabajos en los Estados Unidos y ya en Columbia descubren la emisión de los neutrones secundarios en la fisión y predicen la reacción en cadena. Con esta idea en ristre en un laboratorio secreto debajo de las gradas del estadio de la Universidad de Chicago observan la primera reacción en cadena en su pila nuclear, el primer reactor nuclear.

En los reactores nucleares se producen una alta densidad de neutrones, los cuales según la predicción de Chadwick aun no corroborada, se corrobora en 1951 se deben desintegrar, transformándose en protones, electrones y neutrinos. Por lo que los reactores son también una fuente de alta intensidad de neutrinos, hecho que en 1934 Bethe y Peirls desconocían.

Así ya en 1946 Potencorvo, a pesar de que aun los reactores eran de muy baja potencia y en contra de la opinión de muchos físicos, incluido Fermi, propuso el denominado método del $^{37}\text{Cl} \rightarrow ^{38}\text{Ar}$ para encontrar la interacción de los neutrinos. El método se basa en la reacción:



Seguido de:



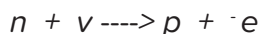
O sea, una captura -K con la emisión de la línea $K_{\text{alfa}} = 2,8 \text{ KeV}$ de Rayos-X característica del cloro.

El escepticismo de Fermi respecto a este método lo reflejó Emilio Segre muy bien, cuando dijo: “El héroe o Dios de Fermi no es Don Quijote”. No obstante, el quijotismo en la vida y en la ciencia a veces da sus frutos; así Reines y Cowen al estilo de Don Quijote y Sancho Panza en sus respectivos Rocinante y Rucio, se montaron a cabalgar en el método del $^{37}\text{Cl} \rightarrow ^{38}\text{Ar}$ de Potencorvo.

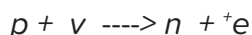
Siendo su idea inicial tan quijotesca, como la lucha de Don Quijote contra los molinos de viento, pues consistía en capturar los neutrinos en la explosión de una bomba nuclear subterránea. Evidentemente cualquier detector en las cercanías de la explosión no sobreviviría, siendo por otra parte muy difícil de repetir tal experimento, tanto por encontrarse en los primeros años de posguerra, como desde el punto de vista físico las condiciones nunca serían iguales.

Después de 1950 la potencia de los reactores nucleares aumento considerablemente y desde el punto de vista experimental la idea de Potencorvo ya es posible hacerla realidad; así no solo Rines y Cowen intentan a partir de 1953 realizar esos experimentos, sino también otros, entre ellos Davis.

Davis no modifica en nada la idea de Potencorvo y utiliza un blanco de 4 000 l de CCL_4 con el propósito de capturar los neutrinos con el cloro, lo que en principio no es otra cosa que observar la reacción:



la cual reporta sus resultados negativos. Ante el mismo Reines y Cowen, sin cambiar el método de encontrar una reacción inversa a los procesos de desintegración beta, si modifican el blanco con el fin de obtener la reacción:



Esta modificación está dada por el ya mencionado antes dilema de los neutrinos de Majorana (la identidad entre el neutrino y el antineutrino) y los de Dirac (su no identidad). En otras palabras, según Majorana las dos reacciones eran posible, pero según Dirac debía observarse una de las dos, acorde al reactor fuese una intensa fuente de neutrino o de antineutrinos respectivamente. Si se producen antineutrinos la primera, la utilizada por Devis no ocurre, pero la segunda propuesta por Reines y Cowen si se produce.

En su método Reines y Cowen emplean como centellante-blanco un recipiente de $132 \times 183 \times 56 \text{ cm}^3 = 300 \text{ l}$ de agua y cloruro de cadmio ($\text{Cl}_2 \text{ Cd}$) rodeado de 110 fotomultiplicadores.

Al capturarse por el protón un antineutrino, se emite un positrón y un neutrón; el primero se aniquila produciendo dos fotones de 510 KeV cada uno y el neutrón se absorbe por el cadmio produciendo una reacción neutrón-gamma, emitiéndose un fotón de energía 9 MeV. En el experimento miden la coincidencia de los tres cuantos gammas producidos en ambos procesos.

Después de cien días consecutivos de mediciones, registrando un promedio de tres coincidencias por hora, el 14 de junio de 1956, convencidos ya de que el neutrino no era un simple símbolo en las ecuaciones envían su triunfal telegrama a Pauli y publican sus resultados, aceptado quizás para salvar la honra y el prestigio de la revista.

De esta forma hace 60 años es corroborada la hipótesis de Pauli y se distingue entre el neutrino y el antineutrino, aunque en 1957 Potencorvo introduce otro enigma el de la oscilación

entre el neutrino y el antineutrino, o sea, la transformación mutua entre ellos. Idea está que se ha extendido a los otros tipos de neutrinos y no solo a los electrónicos, lo cual aún se investiga tanto teórica como experimentalmente.

El experimento de Davis y el de Reines y Cowen, el primero teniendo resultado la no identidad del neutrino y los antineutrinos electrónicos, en tanto el segundo la detección del antineutrino electrónico; tienen como génesis común la colisión de los neutrinos o antineutrinos con otras partículas, mostrando el valor metodológico de este tipo de investigación a diferencia de los primeros intentos de Leipunsky y Allen en que tales colisiones no eran investigadas.

Después de Reines y Cowan

Otros neutrinos

El segundo lustro de la década de los años 50, en cuyos inicios está el experimento de Reines y Cowen es en general muy fructífero para la Física de las partículas y las interacciones entre ellas, pues los resultados experimentales y teóricos obtenidos permiten una mejor caracterización tanto de unas como de las otras. Lo que se refleja en el fortalecimiento de las distinciones fundamentales entre la Física Clásica y la Cuántica en el sentido de que la primera explica el comportamiento de las partículas partiendo de las fuerzas que entre ellas actúan, en tanto la cuántica procura explicar porque existen determinadas partículas con interacciones específicas.

Incluyéndose en esto otro aspecto metodológico importante del pensamiento físico —el de la reducción y unificación de la diversidad de objetos y procesos que en el Universo existen—, en este caso por surgir la idea por parte de Schwinger en 1957 de la unificación de las interacciones débiles y electromagnética y por Nambu de la estructura electromagnética de los nucleones. Las cuales sentaron las bases de la unificación electrodébil y de los quarks, desarrolladas en la década de los años 60, que son los pilares en que se sustenta el modelo standard de nuestros días.

A partir de la detección del antineutrino electrónico, en el propio año 1956 se descubre el antineutrón, el mesón K^0 , se obtienen prueba de la existencia del hiperón sigma, que se añaden a las ya conocidas partículas elementales, que eran unas 8 en 1950, desde ese año y hasta 1990 la cantidad aumento a más de 120. Tal diversidad de partículas no permite una cabal comprensión de las mismas, era necesario un ordenamiento, una clasificación y una reducción, el resultado de estas acciones es el ya mencionado modelo *standard*.

Por otra parte también en 1956 y relacionado con los neutrinos en los procesos de desintegración beta, Lee y Yang (Nobel de Física de 1957) del análisis de múltiples experimentos corroboran que en las interacciones fuertes y en las electromagnéticas es válida la ley de conservación de la paridad, o sea, la invariancia con respecto a las coordenadas espaciales, pero no así en las débiles y proponen varios métodos experimentales para su corroboración.

Uno de esos métodos era, medir la distribución angular de los electrones emitidos por núcleos orientados en un campo magnético. En 1956 C. S. Wu realiza esos experimentos orientando núcleos de ^{60}Co emisores de radiación beta y sus resultados confirman la hipótesis de Lee y Yang (1957). Ellos tuvieron más suerte que Bohr, porque en la desintegración beta de todas formas hay una ley de conservación que no se conserva.

Esta no conservación de la paridad implica una polarización longitudinal de las partículas emitidas en la desintegración beta, la conocida teoría de las dos componentes del neutrino de Landau (1957), Lee y Yang (1957) y Abdus Salam (1957), que resucitan la teoría de Weyl (1929) para describir el comportamiento de las partículas de spin $1/2$ y masa nula. Teoría que fue refutada por Pauli precisamente porque implicaba la no conservación de la paridad —Pauli, el conservador de las leyes de conservación por excelencia—.

Con esta teoría un modelo muy claro para distinguir los neutrinos electrónicos de los antineutrinos es la de representar a los primeros como un tornillos de rosca izquierda y a los segundos de rosca derecha al comparar su spin S con su momento lineal p .

Los neutrinos no solo aparecían en los procesos de desintegración beta, ellos también fueron hallados en otros procesos. Ya desde 1941 se descubrió la desintegración del muon, en 1947 se descubre la del pion y en 1949 Potencorvo entre dos asume que en la desintegración del muon se deben emitir tres partículas, siendo la partícula cargada, el electrón,



con vida media de 2,2 microsegundo. Estas ideas se reafirman entre 1952-1953 cuando se introduce el concepto de número o carga leptónica y su ley de conservación. Para el pion con vida media de 26 ns se plantean los procesos:



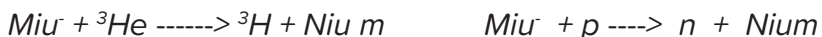
En el bienio 1956-1957 surge el problema sobre la identidad o no de los neutrinos emitidos en la desintegración beta y en la de los muones.

En 1958 Gteinberg descubre la desintegración directa:



Corroborando de forma definitiva la teoría de las interacciones débiles. Pero se mantenía el problema de los dos tipos de neutrinos, los emitidos en la desintegración beta y los emitidos en la desintegración muónica, de tal forma que para algunos, a los primeros siguieron llamándolos neutrinos y a los segundos los denominaban neutrettos.

Entre 1960-1962 se realizaron investigaciones de diferentes reacciones con el objetivo de resolver ese problema, entre esas reacciones estaban las siguientes:



Leon Lederman, Mel Schwartz y Jack Steinberger en 1962 (Nobel de Física de 1988) llegan en 1962 a la conclusión definitiva de la existencia de los neutrinos electrónicos y los muónicos, con sus respectivos antineutrinos. Goldhaber ya desde 1958 había encontrado que los neutrinos muónicos son zurdos y los antineutrinos derechos de igual manera que los neutrinos electrónicos y en 1964 en el CERN Bernardini y colaboradores en experimentos análogos a los de Davis encuentran que los neutrinos y antineutrinos muónicos son diferentes.

Así en el primer lustro de los años 60 la familia de los leptones, partículas que no participan en la interacción fuerte y solo en la débil queda constituida por: electrón, y muon; sus respectivas antipartículas; y sus respectivos neutrinos y antineutrinos.

El electrón y el muon como partículas cargadas también participan de la interacción electromagnética, o sea, en la electrodébil.

Los quarks y el modelo standard

En 1964 M. Gell-Mann (Nobel de Física de 1969) crea la teoría de clasificación de las partículas fundamentales y su interacción al introducir la hipótesis de los quarks.

Los quarks más ligeros el *U (up)*, *d (down)* y *S (strange)*, junto a los leptones descritos arriba constituyen la base del modelo standard actual. Entre 1965 y 1966 Nambu construye un esquema de la interacción fuerte basado en tres tripletes conformados por los quarks e introduce la concepción de la interacción entre los quarks, la interacción del color, iniciándose de esta manera la era de la cromodinámica cuántica (QCD).

Paralelo a la teoría de los quarks, entre 1961 y 1972, A. Salam, S. Weinberg y S. Glashow (Nobel de Física de 1979) desarrollan la unificación de las interacciones electromagnética y la débil, incluyendo la hipótesis de la existencia de un cuarto quark —el *C (charm)* para poder representar toda la familia de los hadrones.

Según esta teoría el quark C y su antiquark debían conformar un estado enlazado, un mesón pesado o quarkonium, el que es descubierto en 1974 por B. Richter e independientemente en 1976 por S. Ting, (ambos Nobel de Física de 1976), este charmonium es también conocido como la partícula *J/psi*.

Con la existencia del cuarto quark reaparece la idea del *arce* de los antiguos filósofos griegos, los ladrillos o elementos primarios para la construcción del Universo por ejemplo las parejas aristotélicas de tierra —agua y aire— fuego; ahora el *arce* está constituido por dos familias de cuatro partículas por parejas: dos parejas de quarks *up-down* y *strange-charm*, con dos parejas de leptones *electrón-muón* y la pareja de *neutrino electrónico-neutrino muónico*. Con estas partículas parecía que

el Universo se podía “construir”, expresándose así el afán del hombre de sintetizar la diversidad del universo, afán que proviene desde la antigüedad.

En este estadio de la interacción débil, de los quarks y los leptones un papel decisivo, como en otras ocasiones ya mencionadas lo jugó la colisión entre partículas. Así el descubrimiento de la partícula J/ψ realizado por Burton Richter se efectuó en el colisionador de electrones-positrones del Centro del Acelerador Lineal de Stanford (SPEAR).

Estas colisiones que dan lugar a los estados enlazados del quark c el charmonium, constituye una prueba indirecta de la existencia de los quarks, aun no existen pruebas directas de su existencia, puesto que por su propiedad de confinamiento desde el punto de vista teórico se prevé que ellos no pueden encontrarse en estado libre.

En 1975, después del descubrimiento de la partícula J/ψ acaecido en noviembre de 1974 y la atención de la comunidad científica se había concentrado en el colisionador de electrones-positrones del SPEAR y en el detector MARK-I, Martin Perl notifica en una comunicación haber encontrado en las instalaciones del SPEAR varios eventos en los que solo se observaban electrones y muones. Posteriormente en el mismo año 1975 en una Conferencia se refiere a su interesante “caza” de 24 eventos de un cierto estado “ u ” (*unknown*, desconocido).

La comunidad científica obsesionada con la partícula J/ψ y sus constituyentes el quark c y su antiquark, considero que el estado “ u ” descubierto por Perls era un charmonium “abierto”. Perl prosiguió su trabajo con Feldman acumulando cientos de eventos del supuesto charmonium “abierto”, que suspicazmente tenía una masa cercana al umbral del charmonium.

Mientras Perl hablaba de su misterioso estado “ u ”, otros investigadores lo habían detectado y fue Boldly, quien comenzó a demandar el descubrimiento de un nuevo leptón, al que nombro Tau por la palabra griega Tritón - Tercero, con una masa de 1777 MeV. Masa superior a la de sus dos antecesores, el electrón de masa 0,510 MeV y el muon de masa 105 MeV. Con esta nueva consideración antes de finalizar el año 1975 como corroboración

de la existencia del leptón Tau Perl busca su pareja, o sea el neutrino taónico, encontrándolo.

A pesar de que Perl hablaba del estado abierto “u” hoy se le reconoce el descubrimiento del leptón Tau y de su neutrino, recibiendo el Nobel de Física en el año 1995, aunque también lo recibió Richter en 1976 por el descubrimiento de la partícula *J/psi*. Dos Nobel obtenidos con la misma instalación y con una reacción que tiene el mismo canal de entrada, pero diferentes de salida.

El descubrimiento del leptón Tau y de su neutrino, el tauónico, trajo como consecuencia que la belleza de la armonía y la simetría a la que nos tiene acostumbrado la naturaleza y que los investigadores actuales siguiendo el, legado de los antiguos griegos siguen empeñados en buscar en ella, “se perdiera”. Porque se tenían tres generaciones de leptones con dos miembros cada una, pero solo dos de los quarks, con dos miembros *per capita*s. La naturaleza no nos podía traicionar, esto no podía ser la excepción de la regla, debía existir la tercera generación de los quarks, había que buscarla.

En este sentido se encaminaron las investigaciones, como la masa del leptón Tau es muy superior a la del electrón y a la del muon, se supuso que los dos quarks faltante debían ser también de masa mucho mayor que los ya conocidos.

Entonces su búsqueda se dirigió provocando colisiones entre partículas de gran masa y con una energía más alta, así en 1977 se reporta por el laboratorio Fermi el descubrimiento del quinto quark, el *beauty b*, en su colisionador de protones-antiprotones, posteriormente el 2 de marzo de 1995 después de transcurrir nueve meses de un cuidadoso y tentativo anuncio de tenerse evidencias experimentales de la existencia del sexto quark, el *top t*, se declara definitivamente su descubrimiento.

Las colisiones del protón y el antiprotón da lugar a la formación del estado enlazado del quark *t* y su antiquark, el que se desintegra dando lugar a un estado enlazado del quark *b* y su antiquark y de los portadores de la interacción electrodébil las partículas $W(+ -)$, descubiertas también por Carlos Rubbia en 1983 y predichas teóricamente con antelación; se obtienen

también estados enlazados de los quarks u y d , así como un muon y su antineutrino.

La elegancia de la armonía y la simetría volvía a presentarse esplendorosa en el reino de la naturaleza: tres generaciones de quarks y tres de leptones, cada una con dos miembros y sus respectivas antipartículas.

Desde 1979 en colisiones también de electrones y positrones se tienen pruebas indirectas de la existencia del gluon, como partícula portadora de la interacción del color entre los quarks.

Estas partículas son de dimensiones menores a $100 \text{ zm} = 10^{-17} \text{ cm}$. La masa de los quarks es estimada a partir de sus sistemas enlazados, los quarkonios en específicos.

Con estas partículas se conforma todo el Universo, ellas son el neorache de los antiguos griegos de nuestros tiempos. Como los antiguos griegos, hoy también se hacen especulaciones, un año después de descubierto el quark top , en el Laboratorio Fermi se trató de explicar algunos resultados experimentales de colisiones de protones de 900 MeV que no se ajustaban al modelo standard con la hipótesis de haber encontrado evidencias indirectas de partículas más pequeñas que los quarks y los leptones, que serían los constituyentes de estos. Esto traería como consecuencia crear un nuevo cuadro teórico. En contraposición a esto, los teóricos del CERN fueron más cautelosos al analizar resultados “anómalos” encontrados en colisiones entre electrones y positrones y su propuesta fue completar el modelo standard con otra partícula portadora de la interacción fuerte y con participación en la electrodébil. Esta idea parte de que si existen dos partículas W , puede que existan dos Z , entonces postulan la existencia de otra partícula Z pesada, de masa aproximada a los 800 GEV que acople preferentemente entre los quarks, a esta supuesta partícula se le denominó partícula Z “leptofóbica” o “hadrofóbica”.

El análisis y la síntesis volvieron a jugar su rol por lo que el cuadro final del modelo standard de hoy en día está constituido por una Trinidad de grupos: leptones, quarks y bosones, cada una con una Trinidad de generaciones, los primeros constituidos por seis miembros y sus respectivas antipartículas.

- Leptones [electrón, muon y tauón].
- Quarks [up, down, charm, strange, top y bottom].
- Bosones [gravitón, partículas W^+ y W^- , la Z^0 , el fotón y el gluon].

El Modelo Standard ha sido corroborado por muchos experimentos, uno de los últimos se realizó en el Large Hadron Collider en julio del 2012 consistente en el descubrimiento del boson de Higgs, debido al cual las partículas fundamentales poseen masa.

Con relación al descubrimiento del antineutrino electrónico, su descubridor, Reines en agosto de 1994 en una conferencia expreso: viendo en retrospectiva, pienso que tenemos mucho que agradecer. En efecto, nosotros estuvimos en el lugar correcto, en el tiempo adecuado. La pista equivocada de detectar los neutrinos de Pauli-Fermi usando bombas atómicas, solo podía darse en Los Álamos.

Albert Einstein, paradigma científico integral⁷

El 14 de marzo de 1879 en la ciudad provinciana de Württemberg, Ulm, situada a la orilla izquierda del Danubio y al pie de los Alpes Suizos vio la luz el primogénito de un matrimonio de judíos que recibió el nombre de Albert Einstein.

Albert Einstein 26 años más tarde, en 1905, su *Annus Mirabilis* siguió viendo la luz desde otro punto de vista y así en julio y agosto de ese año, siendo aún un desconocido joven experto de tercera clase de la Oficina de Patentes de Berna publica en la famosa revista *Annalen der Physik* cuatro artículos que removieron fuertemente los cimientos en que se sostenía el sistema de conocimientos de la Física desde la época de Isaac Newton y los cuales constituyen el sostén de la Física que se desarrolló en todo el siglo xx y prosigue desarrollándose en estos inicios del siglo xxi. Por tales hechos la Onu declaró al 2005, al cumplirse su centenario como Año Internacional de Física.

En este esquicio biográfico de Einstein trataremos algunos aspectos de sus trabajos, pero en mayor grado de su personalidad, de su formación integral como ser social que lo hacen un paradigma de científico comprometido con la sociedad.

⁷ Conferencia dictada el 14 de marzo de 2005 (Año Internacional de la Física) en la Universidad de Oriente y repetida el 12 de marzo de 2009 (Año Internacional de la Astronomía) en portugués en el Instituto de Ciencias de la Educación Superior de Uige, Angola.

Einstein su niñez vida estudiantil

El padre de Einstein, German Einstein en sus años de estudiante se destacó por su capacidad para las matemáticas, pero no pudo realizar estudios superiores por la carencia de medios materiales para ello y por tanto se dedicó al comercio, abriendo una tienda de equipos electrotécnicos.

La madre Pauline Einstein-Koch sentía delirio por la música, siendo su compositor preferido Beethoven. Cantaba y ejecutaba al piano sonatas y otras piezas con mucha pasión.

Al parecer el lugar de nacimiento, la capacidad para las matemáticas del padre y la musical de la madre determinaron rasgos característicos en la personalidad de A. Einstein que se mantuvieron toda su vida y a las que se hace referencia a continuación.

Primero, su lugar de nacimiento y su traslado a Múnich donde vivió su infancia y juventud temprana, son lugares que por su situación geográfica la *Natura Mater* los dota de una encantadora belleza, cambiante para todas las estaciones del año. Einstein gustaba desde niño admirar esa belleza, incluida la del jardín de su propia casa en compañía de su hermana Maja, dos años menor que él.

Esa admiración por la naturaleza la mantuvo toda su vida, hasta cuando vivió en Pricenton, cuya casa rodea de un gran jardín. Ese amor a veces le ocasionaba disgustos con sus colegas a quienes el trabajo científico le consumía todo el tiempo y no tenían capacidad para encantarse con la naturaleza. Por ejemplo en cierta ocasión sobre Madam María Sklodovoskaya Curie dijo: “Nos pasamos varios días de vacaciones en los campos de Engaden, sin embargo Madam Curie ni una sola vez escucho el trinar de los pájaros”.

En concordancia con este rasgo si Einstein viviera en nuestros días, él fuese uno de los grandes defensores de la conservación del medio ambiente y de la biodiversidad, que es un tema de actualidad internacional.

Un segundo rasgo está relacionado con la “herencia musical materna”. Siendo Einstein un niño de seis años ya en Múnich comenzó a estudiar música, en específico comenzaron a

enseñarle a tocar el violín, al principio para él esto era una triste obligación a cumplir, pero al poco tiempo se convirtió en otras de sus pasiones.

Ya posteriormente para cualquier viaje Einstein cargaba con su violín, e incluso en las sesiones científicas de la Academia de Ciencias de Berlín él llevaba su violín y al concluir la actividad Planck, Born y otros se iban con Einstein a sentarse en un parque a deleitarse con las bellas interpretaciones que Einstein sacaba de su amado instrumento. Tanto en Berlín como en EE. UU. en ocasiones daba conciertos públicos, cuyas entradas las dedicaba a fines humanitarios.

El adolescente Einstein, en la escuela pasaba de curso a curso, ensimismado y callado, cumplía sin brillo el programa escolar, pero la precisión y profundidad de sus repuestas escapaba a los maestros, que soportaban con dificultad su lentitud al hablar. Más tarde, ya científico recordaba que cuando era alumno, “los maestros en la escuela le parecían sargentos y tenientes los del Liceo”, porque ellos imitaban a los oficiales, mientras los alumnos eran como si tuvieran grados militares inferiores.

Para Einstein en esta época los libros de divulgación científica eran más interesantes que los libros de textos usados en las clases, porque estos no mostraban la armonía del Universo. En estos libros de divulgación Einstein en su temprana juventud conoció el orden del Universo, conocimiento que rápidamente destruyó sus creencias religiosas, tanto la católica que recibió en la escuela primaria, como la judía que recibió ya en el Liceo.

En uno de esos libros, *Ciencias Naturales para todos* de Aron Bernshtein, el escolar Einstein leyó con mucha dificultad en el primer capítulo de su primer tomo el problema de la propagación de la luz. A continuación en el libro se comentaba sobre el peso de la Tierra y se describían experimentos sobre como “pesar a la Tierra”, y también sobre el problema de “la luz y la distancia”. Este libro fue leído por Einstein en 1890 y en el mismo por primera vez se encontró con el problema de la velocidad de la luz y su fundamental significación. Problema que 15 años después siguió analizando y de su solución propia estableció los principios básicos de la Teoría Especial de la Relatividad.

Cuando Einstein cumplió quince años sus padres se trasladaron a Italia, pues los negocios de la tienda de artículos electrotécnicos no le resolvían los problemas económicos y dejaron a Albert en Múnich para que concluyese el Liceo. Este, aunque aventajaba a sus condiscípulos en matemática y física, la asistencia a clase le resultaba angustiada por varias razones:

- Le era insoportable el aprendizaje memorístico.
- No soportaba el ambiente de cuartel de la escuela.
- La nostalgia por la familia.

Esto lo llevó a que un año antes de concluir el Liceo se fuese a Milán, donde residían sus padres, cuyos negocios de la fábrica se mantenían por la ayuda de algunos parientes de su madre, pero que iban de mal a peor. No obstante, ya el joven Einstein por consejo de su padre y de su tío decidió de forma autodidacta prepararse e ingresar en la Escuela Superior para obtener un grado de Ingeniero y de esa forma tratar de conjugar su atracción por las matemáticas y la física con las aplicaciones prácticas que le eran necesarias para adquirir el dinero para mantenerse él y la familia.

Estos estudios debían ser en un lugar donde se empleara la lengua alemana, pero no en la propia Alemania, por ello Einstein se dirige al Instituto Politécnico de Zúrich, donde debió rendir exámenes de ingreso por no tener el título del Liceo, rindió brillantemente los exámenes de matemáticas, pero no mostró conocimientos de lenguas extranjeras, botánica y zoología por lo que no lo admitieron. Entonces, tuvo que dedicar un año a concluir la enseñanza media en un Liceo suizo.

En este Liceo encontró todo lo contrario a lo que conocía de Alemania, los maestros eran amigos de los alumnos, las clases eran interesantes, iban acompañadas del trabajo independiente y autónomo de los alumnos en los laboratorios de física, química, en el museo de zoología de la escuela se trabajaba con el microscopio y el bisturí.

Ese curso pasado en Aarau, mostró al joven Einstein que la enseñanza en la escuela no entorpecida por la rutina, dirigida por personas avanzadas, era una profesión interesante, atrayente, fácilmente conjugable con la actividad científica.

En octubre de 1896, año en el que Becquerel descubre la radiactividad, Einstein se gradúa del Liceo con calificaciones de Bien y es admitido ya sin exámenes de ingreso en la Facultad de Pedagogía del Politécnico de Zúrich, que era en esencia una Facultad de Física-Matemática y la concluye en agosto de 1900, año en que Planck crea la teoría de los quantum, hechos ambos, en cuyo desarrollo posterior el propio Einstein da sus grandiosos aportes.

Einstein matricula los cursos de física y matemática y otros especiales de economía, historia, filosofía y literatura, buscando una formación también humanista y que fuese lo más integral posible. Pero a las clases básicas de física y matemática iba muy poco, pues Weber que exponía el curso de física era un gran electrotécnico, pero en la parte teórica solo transmitía información que ya Einstein conocía y por lo tanto prefería estudiar de modo inmediato los trabajos de Maxwell, de Boltzmann y de Hertz. Entre los que impartían los cursos de matemática estaba Hermann Minkowski, pero sus clases a Einstein tampoco le interesaban.

Mikowski fue quien posteriormente crea el aparato matemático de la teoría de la relatividad y no notó en sus clases nada de creatividad en su alumno Albert Einstein y más tarde expreso “que no esperaba nada parecido de su alumno Einstein de Zúrich”.

En estos años de estudiante universitario Einstein tuvo amistad con muchos estudiantes emigrados, entre ellos con Mileva Maritsch, una joven serbia, estudiante de física que no brillaba en el ambiente estudiantil ni por su inteligencia, ni por su belleza; pero se interesaba mucho por las obras de los grandes científicos, ideas estas que a Einstein le agradaba compartir con ella.

En el otoño de 1900 Einstein se graduó con un promedio de 4,91 de 6,0 posible y en la tesis obtuvo 4,5. Notas estas notable, pero a pesar de ellas y de su reputación como estudiante-investigador no le dieron plaza en el Politécnico. Sus amigos también se graduaron con la excepción de Mileva que lo hizo al año siguiente, pero que no recibió diploma pues no se le entregaba tal documento a las mujeres y solo recibió un certificado con las notas obtenidas en los exámenes de las diferentes asignaturas.

Einstein, sus productivos años en Berna

Ya graduado del Politécnico de Zúrich y sin ubicación en la propia institución, Einstein estuvo vagando por muchos lugares, ganaba una bagatela con unos trabajos de cálculo para el Observatorio Federal. Después, desde el 15 de mayo y hasta el 15 de julio trabajó en una escuela técnica como profesor de matemáticas y más tarde como repasador en una pensión privada para estudiantes. En estas clases Einstein trataba de seguir un estilo y una metodología propia, totalmente diferente a la que el mismo había sufrido cuando era alumno, pero esto disgustó a sus patrones y lo despidieron.

En esta situación, de no encontrar trabajo permanente el joven recién graduado de Profesor de Física se pasó aproximadamente un par de años hasta que en julio de 1902 encontró trabajo como experto de tercera clase en el buró de patentes de Berna, con un salario inicial de 3 500 francos anuales y estuvo trabajando en ese puesto hasta 1909.

El 6 de enero de 1903 contrae matrimonio con Mileva Maritsch, en 1904 nació su primogénito Hans Albert, quien con posterioridad estudió también en Zúrich y en 1937 se traslada a EE.UU. Llegando a ser un gran especialista en hidráulica y profesor de la Universidad de California.

En la época en que nace su primer hijo en Berna los gastos de la familia crecían, pero Einstein no notaba esas necesidades, incluso cuando le aumentaron el salario a 4 500 francos se preguntaba “¿Qué hacer con tanto dinero?”. Sin embargo, Mileva por el contrario no sabía cómo con ese dinero arreglárselas para poder vivir y sufragar todos los gastos de la casa.

Estos años de vida de Einstein en Berna son comparables en cuanto a productividad científica con los que pasó Isaac Newton en Woolsthorpe (1665-1667) durante la peste, que le obligaron a abandonar Cambridge, y fue cuando creó el cálculo diferencial, llegó a concebir la ley de la gravitación universal y la de la descomposición de la luz.

Sobre sus años en Berna, el propio Einstein posteriormente expresó. “La preparación de fórmulas de patentes fue para mí una bendición. Me obligaba a pensar mucho en la física, daba

motivos para esto. Además, una profesión práctica es siempre la salvación para gente como yo, pues la palestra académica compulsa a un joven a dar interrumpidamente una producción científica y solo las naturalezas fuertes pueden entonces contraponerse a la tentación de una análisis superficial”.

En 1905, con solo 26 años de edad, Einstein crea la teoría del movimiento browniano, la teoría de los fotones y la teoría especial de la relatividad, publicados en cuatro artículos, tres de ellos en el volumen 17 del mes de julio y el cuarto en el volumen 18 del mes de agosto de la prestigiosa revista *Annalen der Physik*.

Dos de estos artículos son: “Acerca de la electrodinámica de los cuerpos móviles” y “¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?”. En ellos se plantean los fundamentos básicos de la hoy conocida Teoría Especial de la Relatividad (TER), que introdujo cambios trascendentales en las concepciones concernientes al espacio, el tiempo, a su mutua interrelación y en sentido general a las teorías de la mecánica y de la electrodinámica en boga.

Con estos trabajos, de forma muy creativa Einstein cierra brillantemente las concepciones clásicas de la física del campo electromagnético y a su vez abrió nuevas concepciones sobre el espacio, el tiempo y la gravitación. En específico en el segundo trabajo mencionado se plantea la relación entre la energía y la masa de un cuerpo, el punto de partida de las conclusiones de la TER más significativa para la práctica y que está expresado en una de las ecuaciones, quizás más conocida y discutida de la física:

$$E_0 = mc^2$$

Otro de estos artículos de gran trascendencia es el titulado “Una explicación heurística del efecto fotoeléctrico”, que siguiendo las ideas planteadas por Max Planck en 1900 constituyen la génesis de las concepciones cuánticas desarrolladas durante el resto del siglo xx, al respecto Einstein en ese trabajo plantea:

El estado de un cuerpo queda completamente definido por las posiciones y velocidades de una cantidad muy grande, aunque finita, de átomos y electrones, hacemos

uso de funciones espaciales continuas para definir el estado electromagnético [...]. La teoría ondulatoria de la luz, que opera con funciones continuas, ha funcionado bien a nivel de fenómenos puramente ópticos y parece insustituible en este campo [...] las observaciones asociadas a la radiación del cuerpo negro, la emisión de los rayos catódicos por la luz UV y otros grupos de fenómenos relacionados con la emisión y transformación de la luz, serán mucho más comprensibles si se le consideran en base a la hipótesis que la energía de la luz está distribuida en el espacio de modo discontinuo [...] cuando un rayo de luz se expande saliendo de un punto, la energía no está distribuida continuamente en el espacio, sino que consta de un número finito de cuantos de energía, que están localizados en puntos del espacio, moviéndose sin dividirse, y que no pueden ser absorbidos o emitidos parcialmente.

En esta cita ya se vislumbra la dualidad onda-corpúsculo de la luz, viéndose más claramente expuestas las ideas de la cuantización que en los propios trabajos de Planck, las que se reafirman posteriormente por el propio Einstein en un trabajo publicado en 1910 y en la deducción de la fórmula de Planck que realizó en 1917 con hipótesis netamente concordantes con las ideas cuánticas sobre la constitución atómica, las que se siguen desarrollando llegando a un estadio superior en las discusiones del Congreso Solvay de 1927 con la participación de Einstein, Bohr, Planck, etc.,

En ese trabajo Einstein asume los valores discretos de energía igual a los de Planck $\varepsilon = hv$ y plantea la ley de conservación de la energía:

$$hv = \frac{mv^2}{2} + A$$

que Millikan corrobora experimentalmente en 1915 y sobre la que escribió más tarde:

He empleado 10 años de mi vida investigando aquella ecuación de Einstein de 1905 y contra mis expectativas, fui obligado en 1915 a afirmar su cierta validez experimen-

tal a pesar de su irracionalidad, porque ella parecía violar nuestro conocimiento sobre la interferencia de la luz.

Einstein en la cima de la gloria universal

En 1913 en la Sesión de todas las filiales de la Real Academia de Ciencias de Prusia, Einstein con una votación de 44 a favor y 2 en contra es elegido miembro pleno y permanente de la Academia, por recomendación de Planck, Rubens y otros.

Por su trabajo de explicación del efecto fotoeléctrico en 1921 se le concede por la Academia de Ciencias Sueca el Premio Nobel de Física, premio que se le dio relativamente tarde, cuando ya era considerado por la comunidad científica como un profesional de alto prestigio internacional, en contra de este premio estuvo Philipp Lenard, galardonado anteriormente también con el Premio Nobel, quien dirigió una carta al Comité de la Academia protestando claramente por el otorgamiento del premio a Einstein e intentando mostrar que “el trabajo de Einstein era muy insignificante para recibir un premio de tal envergadura”.

Esta actitud de Lenard en realidad no tenía ningún fundamento científico, sino más bien estaba sustentado y era consecuencia de actitudes similares que él venía desarrollando desde 1919 en contra de Einstein por su origen judío, Philipp se consideraba un alemán de la raza aria, de sangre azul y de buena cepa tan esbelto como Goobels y tan alto y de pelo amarillo como el propio Hitler.

En estos años de inicio del fascismo, Einstein en varias ocasiones se vio sometido a presiones e injurias personales por su origen Judío, así en 1920 la Unión sindical organizó en una sala de la Filarmónica de Berlín una demostración en contra de la Teoría de la Relatividad, a la cual fue invitado el propio Einstein, uno de los oradores de ese acto tratando de rebatir las consecuencias de la Teoría y en su discurso introdujo la hoy archiconocida paradoja de los dos gemelos, que ese momento aún no se había analizado. Todos estos actos tenían evidentemente un fin político y no científico, con el propósito de desacreditar a Einstein.

Einstein fue profesor universitario, dictando conferencias en Zúrich inicialmente, después en Berlín, Praga y finalmente en Princeton. Sus cursos iniciales fueron de Introducción a la Mecánica, Teoría Cinética, Termodinámica, etc., los que asistían a sus conferencias siempre subrayaron como a ellos le motivaba que Einstein mostraba en ellas una actitud negativa en dar una alta valoración a las matemáticas, uno de sus alumnos decía que “él detrás de cualquier fórmula ante todo veía su contenido físico”.

El propio Einstein decía al respecto “Lo importante es el contenido físico y no la matemática. Con la matemática se puede demostrar todo lo que se quiera”. Ya en 1950 le escribe una carta a Max Laue en la que le escribe: “existe la posibilidad increíble de conocer al detalle la disciplina desde el punto de vista matemático, y no comprender plenamente el asunto físico”. Einstein, uno de los más grandes físicos teóricos, tenía estas opiniones y hoy en día en muchos cursos de física, sobre todo en la enseñanza media se tiende a matematizar vulgarmente la física y presentarla como un conjunto de fórmulas para sustituir valores sin que los alumnos comprendan plenamente la idea, la esencia física de lo que se está tratando. Para Einstein la matemática solo tenía significado como un medio auxiliar para la investigación de la realidad física.

Einstein, sus concepciones político-sociales

Desde su temprana juventud Einstein siempre se manifestó en contra de la guerra y mostró gran preocupación por el futuro de la humanidad. Con el inicio de la primera guerra mundial en 1914 escribe cartas y participa en manifestaciones en contra de esa guerra de repartición de tierras liderada por Alemania, a esto se le añade las múltiples provocaciones que sufrió en carne propia por su origen judío.

La preocupación por los problemas humanitarios, fue también un rasgo característico de su personalidad. Por ejemplo en su primer viaje a USA en diciembre de 1930, en New York los cazadores de autógrafos le molestaron con toda su impertinencia y su esposa Elsa les dijo: “el doctor se sentiría feliz, si cada solicitud de autógrafo se hiciese por carta acompañada, digamos de tres dólares para los pobres de Berlín”.

En 1920, Einstein sobre la base de su celebridad frecuentemente habla a favor del Sionismo, la paz y la democracia como punto final de sus debates sobre la relatividad y visitaba regularmente los diferentes grupos sionistas. Einstein estuvo junto con las fuerzas que luchaban contra el sementismo en su natal Alemania, incluso fue propuesto para ocupar la presidencia de la República de Israel cuando su fundación.

Einstein no solo fue un gran científico, sino también tuvo grandes preocupaciones políticas como hombre que vivió su tiempo. En breve visita de unas 30 horas a La Habana, en escala en su viaje de New York a Pasadena a través del Canal de Panamá en 1930, fue recibido y se le dedicaron actividades solemnes por la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana conjuntamente con la Sociedad Geográfica de Cuba.

En esa breve estancia en La Habana realizó una visita de cortesía al Secretario de Estado, le ofrecieron un banquete en el *roof-garden* del hotel Plaza, lo condujeron al Country Club, al Habana Yacht Club, pero no lo llevaron a la Universidad de La Habana, pues esta universidad era un centro de rebeldía nacional en contra de Machado. Einstein pidió que lo llevaran por los barrios pobres de la ciudad y así visito el Mercado Único, las tiendas más modestas de la Calzada del Monte, y los barrios típicos de la pobreza cubana, como Pan con Timba y Llega y Pon. Al salir de Cuba en su diario escribió: “Clubes lujosos al lado de una pobreza atroz, que afecta principalmente a las personas de color.

En 1932, cuando las fuerzas nazis avanzaban arrolladoramente hacia la toma del poder en Alemania Einstein junto a otros, entre ellos Ernest Thelman dirigente del Partido Comunista Alemán escriben cartas en que alertan sobre los peligros del fascismo y en busca de la unidad de los partidos obreros, foto con activistas políticos en Berlín, para presentar candidaturas a elecciones, La reacción no se hizo esperar y a poco de asumir el poder, los nazis ofrecieron 50 000 marcos por la captura de Albert Einstein.

Ya en época de la segunda guerra mundial en EE. UU., Einstein le dirige una carta al presidente Franklin Delano Roosevelt, con el fin de que desistiera de proseguir el proyecto Manhattan,

por los peligros que la construcción de las bombas atómicas traerían para la humanidad.

Einstein descubridor de la relación entre la masa y la energía en 1905, advertía de las fatales consecuencias que su utilización con fines bélicos traería para la sociedad, los ejemplos fueron elocuentes en agosto de 1945 con las tragedias de Hiroshima y Nagasaki.

En mayo de 1949 en entrevista a la revista norteamericana *Monthly Review* declara: “estoy convencido de que hay una sola manera de eliminar los graves problemas de capitalismo: el establecimiento de una economía socialista, acompañada por un sistema educacional que se oriente hacia fines sociales”.

Los rasgos que he comentado muestran a Einstein además de ser un gran científico, cuya relevancia es indiscutible en el campo de la Física y de la Filosofía, también tenía una fuerte cultura humanista y ambientalista. En general una formación integral reflejada en su amor a la naturaleza, a la música, preocupado por los problemas cruciales de los pobres del mundo y puede añadirse también su interés por la literatura y en general sobre la cultura alemana clásica y moderna, la herencia de la vida cultural de épocas y generaciones. Einstein recordaba durante toda su vida las lecturas en las clases que hacía su maestro del Liceo Ruess de ese tesoro del sentimentalismo romántico alemán que es *Hermann* y *Dorotea*, la homóloga de la clásica inglesa *Romeo y Julieta*. En resumen Einstein es un paradigma de científico integral.

Padre Félix Varela: excelso maestro de filosofía y física⁸

Félix Varela y Morales nació el 20 de noviembre de 1788 y fallece el 25 de febrero de 1853 según monseñor Carlos Manuel de Céspedes, pero en opinión de monseñor Ramón Suárez Polcari su muerte aconteció el día 18. Independientemente de la fecha, este acontecimiento le da un significado especial al año 1853, porque el día 28 de enero nació José Julián Martí y Pérez; al parecer para justificar la continuidad histórica hasta en la fecha del fallecimiento del iniciador del pensamiento de liberación de los cubanos, Varela, y nazca quien llevará ese pensamiento a su elaboración más alta y a la práctica en los campos de batalla, en los que muere en combate.

En 2008 al cumplirse para estos dos hechos el 155 aniversario y además el 220 del natalicio de Félix Varela y Morales, quien fue el primero que enseñó a los cubanos a pensar, pero no sólo a pensar con patriotismo, sino también científicamente, siendo el primer profesor experimental tanto de Física como de Química, esto equivale a crear la enseñanza de estas ciencias. Por estos motivos permítanme realizar algunos comentarios sobre la vida y la obra de Félix Varela y Morales.

Niñez y estudios de Félix Varela

Félix Varela y Morales nace el 20 de noviembre de 1788, su padre Francisco Varela y Pérez era por aquel entonces teniente

⁸ Conferencia dictada el día 22 de febrero del 2008 en recordación del 155 aniversario del fallecimiento y el 220 del nacimiento de Félix Varela.

del regimiento fijo de Infantería de La Habana y su madre era la santiaguera María Josefa Morales y Medina, lamentablemente fallecida al poco tiempo de nacer Félix.

En 1801, con apenas 13 años de edad, Félix Varela tenía definida su personalidad, gustos e inquietudes. Tres personas fueron decisivas en este proceso: el abuelo materno Teniente Coronel del Regimiento fijo de Infantería de La Habana Bartolomé de Morales y Ramírez, la tía Rita y el padre Miguel O'Reilly. Del abuelo incorporó la disciplina y la valentía para defender las ideas, el aprecio por la cultura hispana y el amor a la Isla de Cuba. Su tía logró convertirlo en una persona sensible y tierna, humilde y bondadosa, con una profunda fe en Cristo y siempre dispuesta a obedecer a Dios. Y el padre Miguel supo estimularle la inquietud por el conocimiento, un alto aprecio por la música y hondas convicciones morales, así como la unión intrínseca entre catolicismo y patriotismo.

Félix Varela cursó simultáneamente estudios en la Real y Pontificia Universidad de San Jerónimo de La Habana, a cargo de la orden de los Predicadores y en el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio. El 23 de julio de 1806 terminó los estudios correspondientes al bachillerato en Filosofía en ambos centros. Continuó sus estudios teológicos y mientras realizaba éstos, obtuvo el grado de Licenciado en Filosofía. Ya el 6 de noviembre de 1808 solicitó al rector de la Universidad realizar los exámenes requeridos para obtener la Licenciatura en Teología, formación que completo en el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio, bajo la influencia de la reforma del Obispo de la Habana Juan José Díaz Espada y Fernández de Landa.

En 1806 para la obtención del título de bachiller en Filosofía en la parte correspondiente a la Física el joven universitario Félix Varela defiende las siguientes ideas:

- Las cualidades sensibles provienen únicamente de disposiciones mecánicas.
- Más probable que las demás es la hipótesis copernicana y por tanto el sol se contenta solo con el movimiento de rotación.

La primera con enfoque mecanicista, muy propio de la época, es una manifestación de la aceptación de la realidad objetiva y de cómo los objetos se reflejan mediante las sensaciones en la conciencia del hombre. La segunda era ya una aceptación en toda Europa después de que en 1543 Copérnico publicó su obra “La revolución de los orbes celestes”.

La vida de Félix Varela transcurre en un momento de la historia donde el mundo transita de época: del Medioevo al Modernismo y del Feudalismo al Capitalismo. La época de la Ilustración, cuyas ideas entran con las flotas europeas a puertos cubanos, principalmente a La Habana, con estas flotas llegan también, camuflados junto a los cargamentos de la Península, la literatura del Siglo de las Luces francés que, con un laicismo exacerbado, propugnaba, en no pocos casos, la confrontación entre la fe y la razón.

El Siglo de las Luces traía un nuevo modo de pensar, en él se gestaba un cambio de paradigmas, y como sucede en todo cambio de paradigmas, ello traía una consecuente confrontación con los métodos precedentes. A partir de estos años ha de ser la sola razón quien constituirá el núcleo del modo de pensar de los filósofos y hombres de ciencia. En esta época, el racionalismo cartesiano va a tener su contraparte en el desarrollo de la mecánica clásica por Isaac Newton, quien concreta el desarrollo científico de la época con una visión matemática y mecanicista de la ciencia. “Mide lo que puedas medir y lo que no puedas medir hazlo medible”, había sentenciado Galileo Galilei; Newton sobre todo a partir de la publicación en 1686 de su obra magna *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, comprendía la formulación de esta tesis y marca el nacimiento definitivo de la ciencia experimental moderna.

El conjunto de criterios que inspiraba a la mayoría de los grandes mentores y líderes de la Ilustración, comenzó a emerger como respuesta positiva a la aprisionada potencialidad de la libertad del hombre en el marco del orden social de la época medieval, y a su vez como rebelión contra todo lo establecido, sin tener en cuenta, incluso, que muchas de estas exigencias podían haber sido dictadas por la naturaleza humana.

La corriente de la Ilustración, basada en el contractualismo imperó en las mentes y en la conformación del nuevo orden. Pero no dejó de tener censores y entre los más preclaros estuvo el padre Varela, quien fiel a la fe cristiana y a otra posición filosófica asentada en el iusnaturalismo, criticó a muchos ilustrados, a la Revolución francesa inspirada por estos y a los liberales que diseñaban el nuevo sistema cultural, social, económico y político.

El padre Varela no aceptó jamás que para crear un mundo más humano fuera necesario darle la espalda a Dios, por tanto, al concepto de prójimo. Es más, sostuvo con firmeza que sin la debida obediencia a Dios y al Derecho natural era imposible la consolidación de un orden justo, pero se empeñaba en hacerlo a través de la transformación de la persona en un ser ético. El padre Varela fue un ilustrado católico, seguidor de los postulados del Evangelio y de la Universidad de Salamanca, de fray Benito Jerónimo Feijoo y Espada, obispo de la Habana.

Las obras de Newton se comenzaron a estudiar en Cuba en el primer colegio fundado por los jesuitas en 1724. La Universidad no se destacó por la enseñanza de contenidos vinculados con la Física, incluso se valora su nivel inferior al del colegio de los jesuitas, y seguidora de la enseñanza escolástica. Solo cuando Varela contaba aproximadamente con 9 años y vivía en la Florida es que por primera vez en Cuba, Manuel Calvez y González en julio de 1797 defiende públicamente las ideas de Copérnico para el título de Bachiller en Arte.

Félix Varela, el profesor

Dentro de este contexto es que el Padre Félix Varela se forma y comienza su labor en el magisterio, que con relación a las Ciencias Naturales y Matemáticas se complementa con lo expresado por el también sacerdote, filósofo y maestro José Agustín Caballero y Rodríguez:

Murió para siempre el horrisono escolasticismo en Europa. Entró en su lugar la antorcha de la verdad: el experimento [...]. Salió sacudiéndose el polvo de los entes quiméricos, luminosa y brillante, la filosofía racional, la física experimental, la química metódica y todas las

demás ciencias naturales. [...] Así es en toda la Europa sabía, y así debía ser en todo el mundo. Pero, ¿es así en la Habana? ¿Dónde están las luces que se han debido introducir después que se desterraron esas mal decantadas tinieblas de Aristóteles? ¿Cuál es nuestra Química? ¿Cuál nuestra Física Experimental? ¿Cuáles son nuestras matemáticas?

El propio Obispo Espada, utilizando el dominio que ejercía sobre el Real y Conciliar Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio de la Habana, empleó al mismo para promover desde allí las nuevas ideas de la ilustración, que no hallaban cabida en la Universidad dominica. En particular tomó en 1810 la decisión de “reunir en una sola dirección los estudios de Filosofía y provocar, en ellos, un cambio sustancial en los contenidos”. En abril de 1818 nombró para hacerse cargo de la Cátedra de Filosofía a Félix Varela y Morales, a la sazón un diácono criollo de 23 años a quien había de conferirle el presbiterado con dispensa de edad a fines de ese propio año.

Desde la ilustración católica Félix Varela emprendió toda la obra de su vida, ella marcó su labor en la Cátedra de Filosofía del Seminario, ocupada ya por oposición en 1812. En el tercer y último año como parte de la enseñanza de la Filosofía en este Seminario se cursaba la Física, la que se impartía de un modo puramente especulativo. Y lo cual ya se hacía desde 1722 cuando se fundó el Seminario San Basilio el Magno en nuestro Santiago de Cuba.

Félix Varela fue el primero que enseñó a los cubanos a pensar, pero no sólo a pensar con patriotismo, sino también científicamente, por ello uno de sus más destacados discípulos José de la Luz y Caballero escribió ese lema que lleva nuestro emblema universitario “CIENCIA Y CONCIENCIA”. Pues Varela enseña CIENCIA PARA CREAR CONCIENCIA; CONCIENCIA PARA HACER CIENCIA. La divulgación del patriotismo de Varela, de su fecunda labor en crear la conciencia nacional ha sido bastante amplia, por ello en este sentido, solo me limitaré a exponer lo expresado por él en cubanísimo lenguaje de filósofo verdadero según Eduardo Torres-Cuevas: “Según mi costumbre, lo expresare con franqueza, y es que en el campo que yo *chapee* han dejado

crecer manigua y como no tengo machete y además hábito de manipularlo, desearía que los que tienen ambos emprendieran de nuevo el trabajo”.

El padre Varela fue el primer profesor experimental tanto de Física como de Química, esto equivale a crear la enseñanza de estas ciencias. En sus *Lecciones de Filosofía*, obra cumbre en este sentido de Varela se nota que trabaja en función de la relación entre las ciencias, estableciendo nexos entre la Física, Química y Matemática, lo que hoy denominamos por interdisciplinariedad y transdisciplinariedad.

A decir de la estudiosa de la vida de Varela, Esperanza Purón, aunque él sigue las ideas de la ilustración que van en contra de la escolástica, Varela desde su posición de ilustrado cristiano tiende a dar a conocer a sus discípulos los últimos conocimientos de las ciencias siguiendo las concepciones escolásticas de Santo Tomás de Aquino cuando en su *Suma Teológica*, primera parte, capítulos 2 y 3, formula las cinco pruebas de la demostración de la existencia de Dios, (conocidas como las “cinco vías”): Movimiento, Eficiencia, Contingencia, Grados de Perfección y Finalidad; y de San Agustín de Hipona consistente en tratar de establecer las condiciones en las que se puede dar el conocimiento de la verdad, según el ideal cristiano de las búsquedas de Cristo y la sabiduría y que conociendo lo creado por Dios se llega a este.

La época en que vive Varela, de tránsito o cambio de paradigmas con sus profundas concepciones cristianas, que nunca abandonó, es muy probable que haya pensado de esa manera, pero lo cierto es que nos enseñó a pensar con las concepciones científicas más avanzadas de la época en que le tocó vivir y ese es un innegable mérito.

Lecciones de Filosofía de Félix Varela

Como profesor de Filosofía en el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio en 1918 publica su primer tomo de las *Lecciones de Filosofía* y en 1819 los tomos dos y tres, quedando el cuarto para su publicación en 1820. En ediciones posteriores corregidas y aumentadas de 1824 en Filadelfia, 1828, 1832 y 1841

en New York aparecen solo tres tomos, esta última edición, la Universidad de La Habana la reeditó en 1962.

El tomo primero contiene una introducción del autor y a continuación bajo el título “Noción de la filosofía y de las principales sectas filosóficas” se expone una breve historia de la Filosofía, clasificando nombre y corrientes filosóficas. Se mencionan a los más representativos filósofos de la antigüedad: Tales, Pitágoras, Sócrates, Platón, Aristóteles, Séneca, Demócrito; aunque a estos últimos no los asocia con el atomismo. Continúa, posteriormente con el protagonismo filosófico de Galileo, Bacon, Newton, Leibniz. Habla del surgimiento y significado del eclecticismo y nombra a los padres fundadores de la Iglesia como eclécticos (San Ambrosio y San Jerónimo) del mismo modo señala a Santo Tomás de Aquino, a Escoto y a Guillermo de Occan, como los representantes de las tres escuelas que formaban la secta escolástica, que seguían las doctrinas de Aristóteles. El tomo I concluye con el “Tratado de la dirección del entendimiento” y “Tratado del hombre”.

Los tomos II y III son los que contienen lo relativo a la enseñanza de las ciencias, titulándose el segundo “Introducción al Tratado de los Cuerpos o al Estudio del Universo”. Parte I. “De las propiedades que observamos con más frecuencia en los cuerpos, y de las que sirven para clasificarlos”. El tercero tiene el título: “Tratado de los Cuerpos o Estudio del Universo”. Parte II.

Como se puede apreciar, Varela está tratado un amplio espectro de aspectos del conocimiento científico y tecnológico, relacionados con la física de la época. Basta recordar que la primera edición de *Las lecciones de Filosofía* ve la luz entre 1818 y 1820 y las sucesivas ediciones revisadas y ampliadas posteriormente, siendo la quinta de 1841. Por lo que aparecen términos como el calórico, lumínico; que se entendían en esa época como fluidos imponderables. Nuestro Varela fue contemporáneo con Sadi Carnot (1796-1832), quien en 1824 da a conocer su famoso ciclo en las máquinas térmicas, pero pensando en el calórico como un fluido, por ello Varela en sus lecciones hace referencia al “fluido que causa la sensación del calor, que Lavoisier lo llamó calórico”.

Algunas de las explicaciones dadas por Varela son por ejemplo en la Lección V del Tomo II: De la atracción: “la gravedad que todos los filósofos admitían respecto al descenso de los cuerpos sobre la Tierra, probó Newton que se verificaba entre todos los cuerpos, unos hacía otros, esta tendencia universal se llama atracción” y menciona sus leyes: la atracción es proporcional a la masa del cuerpo, la atracción entre los cuerpos sigue no solo a la razón de la masa atrayente sino también del atraído, la atracción es la razón inversa del cuadrado de la distancia y la atracción varía según la diversa figura de los cuerpos y de sus moléculas.

Con respecto al concepto de inercia que aparece en la Lección VI “De la inercia” del Tomo II. Varela escribe: “los cuerpos en quietud no se mueven si no hay causa que los impela y puestos en movimiento no reposan si no hay quien lo detenga”. Es casi la misma redacción que se da hoy en día a la primera ley de Newton, recordemos que si los conceptos de la mecánica ya lo había establecido Newton en 1686 y eran ya lo suficientemente divulgados, ellos no tenían el grado de sistematización que tienen hoy en día, pero Varela los usa con bastante claridad y exactitud.

En la edición de 1841 ya Varela escribe:

El profesor Oersted a fines del año 1819 descubrió que la corriente galvánica, aun pasando por cuerpos perfectamente conductores, influye notablemente en las agujas magnetizadas aunque éstas se hallen a alguna distancia.

Y como prueba de la actualización de sus lecciones, en esta misma Lección VII del Tomo III, más adelante escribe: “Se acaba de hacer un descubrimiento muy interesante sobre la relación del fluido magnético y el galvánico, y es que el polo magnético gira alrededor de un alambre galvanizado, y también está alrededor de aquél”.

El Padre Varela no solo se limita a referir y relatar experiencias y experimentos realizados, sino que ya desde 1813 inauguró la enseñanza de la Física Experimental, estableciendo un modesto laboratorio que costó con todo entusiasmo el Obispo Espada.

El propio Varela en 1822 en carta desde Madrid se refiere a dicho laboratorio:

Dicha cátedra tiene un gabinete de Física que se debe casi todo a la generosidad del Señor Obispo de aquella Diócesis, pero solo se halla surtido en las ramas de la neumática, electricidad, galvanismo y astronomía [...]. Los instrumentos son todos de los más modernos y de las mejores fábricas inglesas [...]. Los de electricidad y galvanismo idénticos a los que se representan en mis láminas de las lecciones de Filosofía.

En sus *Lecciones de Filosofía* también Varela describe con detalles sus propias experiencias, por lo que hasta cierto punto puede considerarse como un físico experimental, una buena ilustración es uno de los párrafos que aparece en el Tomo IV de la primera edición:

El año pasado [1819] en medio de los más copiosos aguaceros, a las siete de la mañana, y en la plaza destinada a la clase de filosofía de este seminario [San Carlos] que por su situación es bastante humedad, sucedió repetidas veces que colgando del conductor de la máquina eléctrica una botella de Leyden, para que estuviera perfectamente aislada, sin embargo a pocas vueltas de la máquina se cargaba en términos de dar un fuerte estallido con una gran chispa luego de que se le aplicaba el excitador. Este experimento no salía tan exacto cuando la atmósfera estaba despejada, pero yo debo confesar que nunca he conseguido que una botella aislada, absolutamente deje de cargarse, é infiero que nuestra atmósfera nunca es capaz de aislar como las de otros parajes fríos, por cuya razón las máquinas eléctricas en este país no dan los mismos efectos que en Europa.

A partir de los resultados de sus experiencias Varela da la explicación más adecuada.

El curso de Física que Varela incluye en sus *Lecciones de Filosofía* equivale por su nivel a más o menos al actual del preuniversitario, teniendo en cuenta la diferencia de época, en cuanto a la terminología, conceptualización y nuevos descubrimientos. En esas lecciones las explicaciones son cualitativas,

no existe el atiborramiento de fórmulas y ecuaciones de los manuales actuales; se va más al entendimiento y explicaciones de los experimentos que a evaluarlos cuantitativamente, llevando por ende a desarrollar más el razonamiento y el pensamiento lógico que a memorizar conceptos y ecuaciones como se hace hoy en día.

Me atrevería a asegurar que si los cursos de Física de la enseñanza media se impartieran hoy en día con la metodología y el sistema Valeriano se obtendría un mejor provecho, porque a decir de otro gran insigne maestro de física cubano Manuel F. Gran: “Al Padre Varela [...] no le diremos físico, ni matemático, ni filósofo, sino que con la reverencia espiritual más sentida...le diríamos, simple y llanamente MAESTRO EXCELSO MAESTRO CUBANO”.

Física en Cuba (1790-1962)⁹

En la primera mitad del siglo XVIII, se introdujo en Cuba la imprenta, en 1722 se funda el Colegio Seminario de San Basilio Magno en Santiago de Cuba, en 1728 la Real y Pontificia Universidad de San Jerónimo de la Habana a cargo de los frailes dominicos y en 1766 se funda también en la Habana el Real Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio, que dio a Cuba hasta bien entrado el siglo XIX, un aporte extraordinario de cultura.

Solo en la década de los años noventa del siglo XVIII es que en Cuba se puso de manifiesto el interés por el pensamiento científico europeo moderno, por el tratado de física de Newton, por el método cartesiano, por las ideas filosóficas de la ilustración, etc. Así en el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio, para 1790, un siglo después de publicados los Principios por Newton, en la enseñanza es que aparecen las primeras intenciones de cambiar las concepciones aristotélicas y la metodología escolástica, las que en Europa comenzaron a disiparse con el renacimiento, teniendo como excepción a España.

A su vez también, por primera vez en Cuba en el mes de julio de 1797 es que se defienden públicamente las ideas de Copérnico por Manuel Gálvez González en su tesis para el título de Bachiller en Artes. Todo esto ejerció una profunda influencia en la vida espiritual en Cuba a tratar de llevar a la enseñanza las ideas fundamentales de la Física.

⁹ Parte de la conferencia dictada en Celebración del día de la Física en Cuba, 15 de enero 2015. Salón Permanente de la Ciencia santiaguera Megacen.

José Agustín Caballero y Rodríguez

Entre las figuras más ilustradas de esta época se destaca el maestro, sacerdote y filósofo José Agustín Caballero y Rodríguez (1762-1836) promotor de este nuevo estilo de pensamiento desde su cátedra del Seminario de San Carlos y San Ambrosio, en momentos en que la dominación española imponía la escolástica en los centros de educación y pretendía mantener a Cuba dentro de un espíritu de rancio sabor medieval, apartado de las ciencias y de las ideas filosóficas.

Caballero fue el primer reformador de la filosofía y de la enseñanza de las ciencias en Cuba, en tanto propició la introducción de las corrientes modernas del pensamiento iluminista europeo, contribuyendo de esta forma al fomento de una cultura nacional. Él utilizó la pluma para enfrentar la escolástica en sus expresiones más estereotipadas, difundir las ideas acerca de la Física, la Química, y lo más importante, proponer la reforma de la enseñanza en el país.

Su labor forma parte del despertar de la conciencia nacional, desafiando los rígidos planes de estudios impuestos por España, lo que es parte de las contradicciones surgidas entre colonia-metrópoli y que contribuyeron a que en 1842 entrase en vigor la reforma en el sistema educacional cubano con el *Plan general de Instrucción Pública para las Islas de Cuba y Puerto Rico*.

Caballero fue el primero que habló a sus alumnos sobre experimentos y Física Experimental, deseaba algo que se pudiera llamar Física Experimental y para ello pide instrumentos de Física para que la enseñanza no sea escolástica, sino técnica, en un momento crucial en que surge la máquina.

Ve al Físico rodeado de máquinas, de instrumentos: la clave, la cámara oscura, la máquina eléctrica, la neumática, los imanes, las esferas terrestres y celestes, el barómetro, el termómetro, el prisma de Newton, el telescopio, etc. Intentó enseñar la “Física verdadera” para que fuese aplicada al fomento nacional: la agricultura, el comercio y las artes industriales.

José Agustín Caballero fue el primer profesor que escribió un libro de texto para sus clases, titulándolo *Filosofía Electiva*, su asignatura era de Lógica y en ella cambia algunos conceptos

del *Organum* de Aristóteles, para introducir otros del *Novum Organum* de Francis Bacon.

Caballero llama al copernicano, el verdadero sistema del mundo, considera a Newton el más bello genio que ha tenido Inglaterra, acreditándole haber sacado a la Física de las tinieblas aristotélicas, creando una nueva física, lo mejor que pudo.

Caballero quiere que los experimentos se repitan, que concuerden sus efectos y se forme la experiencia, su tesis es la ciencia natural se consolida cuando surgen las leyes científicas. Hasta ese momento estuvieron las ciencias “vagando” y sin “domicilio”. Conocer la naturaleza es el objeto en sí de las ciencias naturales. Las reformas del cartesianismo-newtonismo contribuyeron para establecer un método constante y verdadero que condujo al único medio de estudiar la naturaleza, no adivinando sus secretos y suponiéndole tantos fines y virtudes cuantos eran los fenómenos que debían explicarse, sino interrogándola con la experiencia, y estudiándola con observaciones continuas y bien meditadas.

Félix Varela y Morales

Siguiendo el legado de José A. Caballero en la primera mitad del siglo XIX se encuentran a la vanguardia de la reforma de la enseñanza en Cuba, su alumno Félix Varela y Morales (1787-1853), el cartesio cubano. Quien también ejerció como profesor de Filosofía en el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio, y que si dotó a esa institución académica de los instrumentos más modernos de la época existentes en Europa, realizó él mismo múltiples experiencias de electricidad y de otras ramas de la física.

Varela propuso la creación de un sistema de enseñanza, basado en un método analítico, en el cual la memoria tenga muy poca parte y el convencimiento lo haga todo. Tenía la concepción —de que a partir de la experiencia y la razón se puede llegar al conocimiento—, esto lo llevó a inaugurar la enseñanza mediante experimentos de laboratorios de la física y de la química.

Para Varela el verdadero maestro del hombre es la naturaleza, pues a partir de esta, de la realidad inmediata, al alumno se le enseña a pensar.

La física en la Real Universidad de La Habana

Hasta 1852 la Real y Pontificia Universidad de San Jerónimo de la Habana, de un fuerte carácter religioso y escolástico, regida por los frailes dominicos no respondía a las más urgentes necesidades de modernización. Con la reforma de la Instrucción Pública de ese año que implanta su secularización se transforma en la Real Universidad de La Habana y por Orden Real la Cátedra de Física la ocupa el cubano Dr. Antonio Cano, Bachiller y Licenciado en Medicina, con antelación a él solo otro cubano J. Z. González Bachiller en Derecho Civil y Licenciado en Artes había ocupado esa posición.

Al ocupar la cátedra Cano y hasta 1863 en que por Orden Real se crean los Institutos de Segunda Enseñanza, en la Universidad se expedían en orden ascendente los títulos de Bachiller, Licenciado y Doctor. Existiendo en esa época un extenso y detallado programa, que muestra sólidos conocimientos de Física.

Para lograr el título de Licenciado en Física además del curso mencionado los aspirantes, entre otras tenían que aprobar la asignatura Tratado de los fluidos imponderables, cuyo sistema de conocimiento era la transmisión del calor y la corriente eléctrica.

En 1880 la Facultad de Ciencias se divide en las secciones de Ciencias Físico-Química y Físico-Matemática, expidiéndose ambos títulos por separado hasta 1962 cuando se modifica en concordancia con la Reforma Universitaria de ese año.

Cano editó en 1887 su programa de Física Experimental de 96 lecciones que cubren desde la Mecánica hasta la Electricidad y nociones de Meteorología. Estos cursos eran bastante elementales, a pesar de que Cano tuvo una verdadera vocación por la Física y la Química, ganando La medalla de plata subdivida en la Exposición Pública de los productos de la Industria Cubana de 1847.

En 1883 se matricula en la Facultad de Ciencias física-matemáticas, física-química y naturales la Señorita Digna América del Sol y Gallardo, natural de Matanzas, de 15 años de edad, Bachiller del Instituto de Segunda Enseñanza de la Habana, quien en 1888 obtiene el grado de Licenciada en Ciencias, sección de las Físico-Químicas.

En 1883 también matricula la señorita Laura Martínez de Carvajal y del Camino Bachiller del Instituto de Segunda Enseñanza de la Habana en las Facultades de Medicina y Cirugía y en la de Ciencias. Quien obtiene en casi todas las asignaturas de ambas carreras la calificación de sobresaliente, graduándose el 26 de junio de 1888 de Licenciada en Ciencias, sección Física-Matemática y al año siguiente de Licenciada en Ciencias Médicas.

Ellas, al parecer son las primeras dos féminas cubanas que se dedicaron a estudiar Física, aunque Laura ejerció como oftalmóloga por mucho tiempo en La Habana y no como Físico.

Cano fallece en 1891, con el advenimiento de la República en 1902 la Real Universidad de La Habana se transforma en la hoy conocida Universidad de La Habana.

La física en la Universidad de La Habana 1923-1962

Después del fallecimiento de Cano acaecida en 1891 y hasta 1923, tres o cuatro profesores se hacen cargo de la cátedra de Física de la Universidad de La Habana, destacándose por su incapacidad Nicasio Silverio y de Armas, quien es depurado por la FEU fundada por Julio Antonio Mella en el año 1923 después de muchas protestas y huelgas.

El Dr. Manuel Francisco Gran y Guilledo fue promovido al profesorado en 1923 —el año del primer intento de Reforma Universitaria en nuestro país—, en respuesta al clamor de los alumnos de Física Superior, que se negaban a continuar asistiendo a las clases del profesor manifiestamente incompetente, como era Nicasio Silverio y de Armas. Gran era una persona de extracción humilde, que había alcanzado su prestigio y competencia por el propio esfuerzo

El Dr. Manuel Francisco Gran y Guilledo en 1923 toma posición de la Cátedra de Física como Profesor Auxiliar interino y

sin sueldo. Gran nació en el Cano, Marianao el 28 de octubre de 1893, graduado de Arquitecto e Ingeniero Civil en 1918, Doctor en física-matemática en 1922 y en física-química en 1925. Fue Profesor de Física en diferentes Colegios y del Instituto de Segunda Enseñanza de La Habana. En 1960 fue nombrado Embajador y Ministro Plenipotenciario de Cuba en Francia, jubilándose en diciembre de 1961 y fallece en la Habana el 3 de abril de 1962.

El Dr. Gran realizó una tarea ciclópea para organizar los laboratorios de Física inexistentes y para reorganizar los planes de estudio. Prestigió la Cátedra que desempeño durante casi 40 años y elevó el nivel a la altura de una Universidad Moderna. Gran introdujo las prácticas de curso y la tesis de grado en las carreras de Física-Matemática y Física-Química a fines de la década de los años veinte del siglo xx, génesis de nuestros actuales Trabajos de Curso y de Diploma.

Gran fue un excelente y eminente Profesor de Física, un hombre de mucho mérito en el orden personal, pues se hizo él solo, con su perseverancia y amor al estudio. Bajo su docencia la enseñanza superior de la Física adquirió una calidad que nunca antes tuvo y sobre todo supo inculcar en el alumnado el hábito de rigor científico en el estudio de la naturaleza.

Él publicó dos volúmenes de física de nivel medio *Elementos de Física* Editorial Minerva, La Habana 1939-1940, y un folleto inconcluso con un reducido grupo de lecciones de Física Superior *Mecánica, Movimiento Armónico Simple, Terminología y Electricidad*.

A mediados del decenio de 1930 se incluyen dos semestres de Física Teórica en el plan de estudios de la carrera de Ciencias Físico-Matemáticas. Siendo profesor titular de la asignatura él Dr. Enrique Badell (1895-1947) y posteriormente por él Dr. M. A. Maseda (1902-1957), quien añadió una parte limitada de Física Cuántica.

En 1950 fue nombrado Profesor Agregado de la Cátedra J de la Facultad de Ciencias el Dr. Marcelo Alonso, graduado en la propia Universidad de la Habana y con estudios de posgrado en los EE.UU.

El Dr. Alonso en 1955 impartió un curso de Radioisótopos e instaló un rudimentario laboratorio de radioisótopos, en lo que es hoy el Instituto Nacional de Oncología y Radiología. En sentido general, fue quien introdujo los primeros estudios de Física Nuclear en Cuba y desde 1955 fue Presidente de la Comisión de Energía Atómica de Cuba. En 1956 impartió un curso de introducción a la energía nuclear para ingenieros electricistas y en 1957 intentó crear un Instituto de Estudios Nucleares y un laboratorio anexo en solicitud realizada al rector de la Universidad Dr. Clemente Inclán, siendo la respuesta del rector poco esperanzadora —“cúmpleme participarle que el plan se tendrá en cuenta cuando la situación económica de este centro permita llevar a cabo dichos estudios”—.

Marcelo Alonso es autor de varios textos para la enseñanza media *Física Curso Elemental* en 4 tomos, 1947-1948 y de un tomo de *Física Atómica* de 1958. Introdujo algunas mejoras y nuevas prácticas, y tesis de grado de física moderna.

Alonso fue asesor científico de la OEA en 1959, cuando se radicó en los EE.UU., donde ha publicado conjuntamente con Finn varios textos de física universitaria, dedicándose en los últimos tiempos de su vida, ya jubilado de la Universidad de la Florida a los problemas de la enseñanza de la Física.

La Sociedad Cubana de Ciencias Físicas y Matemáticas

En enero de 1942 un pequeño, pero inspirado, grupo de físico-matemáticos se reúnen en el marco del Tercer Congreso de Doctores en Ciencias y en Filosofía, celebrado en el Instituto de Segunda Enseñanza de la ciudad de Santiago de Cuba y acuerdan agruparse, para que sus pequeños esfuerzos individuales en pro de la cultura científica, al reunirse, produzcan una resultante apreciable que se traduzca en beneficio mutuo y del progreso científico del país.

Esta iniciativa va a recibir la adhesión de un grupo de 121 socios fundadores de la Sociedad integrado, no solo por graduados, sino también por algunos estudiantes universitarios. El 25 de febrero de 1942 en el Salón de Actos del Edificio Poey de la Universidad de La Habana se realizó la reunión de constitución

oficial de la Sociedad Cubana de Ciencias Físicas y Matemáticas con la participación de 34 entusiastas de estas Ciencias y se elige su Junta Directiva. En la primera reunión de esta Junta se toma, entre otros, el acuerdo de crear una revista como órgano divulgativo de la Sociedad y nombrar Director al Presidente recién electo, el Dr. Pablo Miquel Merino y como Redactor General, a su Vicepresidente, el Dr. Manuel Francisco Gran Guilledo. Los dos reconocidos sabios de las ciencias físicas y matemáticas, ambos ingenieros civiles y arquitectos, dotados de una vasta cultura científica y también humanística. La revista tenía un carácter no periódico.

En el bienio (1952-1953) la junta directiva de la Sociedad estaba constituida por: Presidente: Dr. Mario O. González; Vicepresidentes: Dr. Manuel F. Gran, Dr. Rafael Fiterre y Dr. Manuel Labra; Secretario: Dra. Margarita Rodríguez; Vicesecretario: Dr. Marcelo Alonso; Tesorero: Dr. Miguel A. Maseda; Vocales: Dr. Lino Gutiérrez Novoa, Dr. Dulce M. Escalona, Dr. Joaquín Melgarejo, Dr. Ángel Álvarez Ponte, Dr. Margarita Pérez Cobo, Dr. Euclides Torres, Dr. Rosa Rubio, Dr. Juan M. Lagomasino, Dr. Isabel Iglesias, Dr. Silvia Souto y Dr. Miguel A. Medina; director de la Revista: Dr. Manuel F. Gran; Jefe de Redacción: Dr. Mario O. González; Administrador: Dr. Miguel A. Maseda; redactores: Dr. Lino Gutiérrez, Dr. Manuel Labra y Dr. Victorino Blanco.

Eran socios correspondientes: el argentino Dr. Luis A. Santaló, el español Dr. Julio Rey Pastor, el estadounidense Dr. Marshall H. Stone; socios fundadores los profesores de los departamentos de Física y Matemática de la Universidad de Oriente respectivamente Dr. Roberto Soto del Rey y Dra. Fredesvinda Suárez y socio de número quien fue después profesor del departamento de Física Dr. Luis A. Aguilar.

Los miembros de la Junta Directiva y otros miembros fundadores, en su mayoría eran bien conocidos por los que en aquella época pudieron estudiar en las Escuelas Primarias Superiores (séptimo y octavo grado) y en los Institutos de Segunda Enseñanza (preuniversitarios), pues eran autores de muy buenos textos para estos niveles de enseñanza, además de otros para la enseñanza universitaria, como se mencionó antes en los casos de Gran y Alonso por dedicarse a la física, otros como

Mario O. González, Ignacio Fiterre, Sócrates Rosell se dedicaban a las matemáticas.

En la revista, además de publicarse trabajos originales, se publicaban crónicas y noticias de trabajos publicados recientemente por otras revistas internacionales o de conferencias científica celebradas en otros países, así por ejemplo en el volumen 3, no. 3 de julio de 1954 hay comentarios sobre: plantas de energía atómica, descubrimiento de los elementos de número atómico 99 y 100, cámaras de burbujas, aceleradores atómicos, energía eléctrica nuclear, radioisótopos en medicina, materia y radiación en el universo en expansión y de otros temas; pero un peso mayor a los relacionados con la física atómica y nuclear, quizás por el interés del Dr. Marcelo Alonso de desarrollar esas temáticas en Cuba.

Roberto Joaquín Soto del Rey: paradigma en la enseñanza y aplicaciones de la Física en la Universidad de Oriente¹⁰

Roberto Joaquín Soto del Rey vino al mundo el día 4 de marzo de 1913 en el seno de una pobre familia de emigrantes españoles en el poblado de El Cristo, provincia de Oriente y fallece el 25 de diciembre de 1995.

El Dr. Soto del Rey fue miembro del Consejo Universitario, órgano rector de la Universidad de Oriente fundada el 10 de octubre de 1947, trece días después se hace cargo de la Cátedra de Física, en sustitución del Dr. Ángel Álvarez Ponte, quien por residir en La Habana no tomó posesión de su cargo. De esta manera, el Dr. Roberto Soto del Rey es fundador de la Universidad de Oriente y de su actual Departamento de Física.

A su vez el Dr. Roberto Joaquín Soto del Rey, siempre abogó por la aplicación de la física, e incluso hizo aplicaciones en la década de los años setenta del siglo pasado al darle tratamiento electromagnético a semillas de frijoles para cultivo, cuestiones que hoy en día se desarrollan en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Por ello, teniendo en este cuenta que el pasado 4 de marzo se cumplió el centenario de su natalicio, permítanme realizar algunos comentarios sobre su vida y su obra en este acto inaugural de la V Conferencia de Electromagnetismo Aplicado.

¹⁰ Conferencia Inaugural de la V Conferencia de Electromagnetismo Aplicado, CNEA 9 al 12 de abril del 2013, en el centenario de su nacimiento.

Niñez y estudios de Roberto J. Soto del Rey

Roberto Soto del Rey culmina sus estudios de Bachillerato en 1934, en el Instituto de Segunda Enseñanza de Santiago de Cuba y se gradúa en la Universidad de La Habana en 1939, de las 37 asignaturas que curso en la Universidad, 20 fueron con calificación de Sobresaliente, una de ellas Química Orgánica con Premio; del resto seis con la calificación de Notable. Todo este currículo le valía para el doctorado en Ciencias Físico-Químicas y Perito Azucarero. Faltándole cuatro asignaturas para ser Ingeniero Químico Azucarero y cinco para el doctorado en Ciencias Físico-Matemáticas. Con anterioridad en Julio de 1934 ya había recibido el título de Agrimensor y Tasador de Tierras.

En 1939, fue nombrado profesor de Física del Instituto de Segunda Enseñanza de Santiago de Cuba, donde desempeñó, desde sus inicios, una meritoria labor.

Al abrir sus puertas la Universidad, lo hizo con la Facultad de Ingeniería Química Industrial ofreciendo la Carrera del mismo nombre, que, entre las disciplinas a cursar en su currículo del primer curso, estaba la Física Superior. El Dr. R. Soto Rey, por acuerdo del Consejo Universitario, trece días después de inaugurada se hace cargo de la Cátedra de Física, en sustitución del Dr. Ángel Álvarez Ponte, quien por residir en La Habana no tomó posesión de su cargo. De esta manera, el Dr. Roberto Soto del Rey es fundador de la Universidad de Oriente y de su actual Departamento de Física.

La verticalidad y el espíritu de no violar los principios en que se sustenta la obra iniciada llevan al Dr. Soto del Rey, en fecha tan temprana para la Universidad de Oriente como el primero de febrero de 1948, en la sesión correspondiente del Consejo Directivo, a solicitar su renuncia como miembro del mismo y como miembro del Claustro Universitario en protesta a la moción, secundada por el Rector y por otros miembros del Consejo y algunos profesores, de pasar la Universidad a un Patronato, privándola de su carácter público. Su renuncia se aprueba en la sesión del 9 de abril, pero el movimiento iniciado contra este proyecto fue tan fuerte que, finalmente, la moción fue desesti-

mada, la Universidad mantuvo su carácter público y Soto del Rey se reincorpora a la comunidad universitaria.

En agosto de 1947 como Miembro del Consejo Directivo fundador de la Universidad de Oriente participo en la Comisión encargada de redactar los Estatutos de la Universidad, en octubre fue designado Profesor de Física de la Facultad de Ingeniería y el 11 de diciembre del propio año para que redactará el Prospecto contentivo de los fines y propósitos de la Facultad de Ingeniería Química, confiriéndole todas las facultades para que incluyese todos los datos y antecedentes que considerase oportuno.

En noviembre de 1948 se le nombró Profesor de Investigación de la Escuela de Ingeniería Química Industrial con carácter honorario por el curso 1948-1949, rindiendo informe de la labor de investigación de la Universidad al Consejo Universitario con fecha 20 de abril de 1949. En 1951 fue designado Secretario de la Facultad de Ciencias e Ingeniería y también miembro de la Comisión para redactar el proyecto de organización de la Escuela de Ciencias y las carreras de Ciencias Naturales y de Físico-Químicas de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, incluyendo los planes de estudios de estas.

En 1952 fue designado en una comisión, de lo que hoy llamaríamos de Extensión Universitaria o de Orientación Vocacional, para que cumpliera la misión de propaganda de la Universidad por los Términos Municipales de Manzanillo, Campechuela y Niquero de la Provincia de Oriente.

Soto del Rey fue un fiel seguidor de las concepciones de José Agustín Caballero y Rodríguez, quién abogaba “por la enseñanza en Cuba de la Física copernicana y la del inglés Newton; deseaba la Física Experimental y Aplicada para que los jóvenes, apoyados en ella, ayudasen al fomento nacional”. También las de su ilustre discípulo, el sacerdote, filósofo Félix Varela, fundador del ideario ético, educacional y patriótico cubano con “su concepción de que, a partir de la experiencia y la razón, se puede llegar al conocimiento, lo llevó a inaugurar la enseñanza mediante experimentos de laboratorio de Física y Química”. El Dr. Soto del Rey fue un devoto del racionalismo cartesiano y del

experimentalismo de Galileo Galilei, desempeñando una loable labor al crear nuevas prácticas de laboratorio.

Soto del Rey, desde la década de los años cincuenta, fue precursor, en la Universidad de Oriente, de acciones para establecer contactos internacionales con instituciones científicas y académicas en el mundo, yendo directamente a nutrirse de los avances de las escuelas francesa e italiana. Así, en 1955, estuvo en la Sorbona de París y en Milán, entre otros lugares, y adquirió conocimientos sobre Teoría de la Relatividad, Teoría Cuántica, Física Estadística y Cálculo Tensorial. Ya en los años sesenta, mantuvo contacto con italianos, solicita colaboración a autoridades soviéticas en los primerísimos meses de la Revolución y, recabando el apoyo para el desarrollo de la ciencia, visita la URSS, Polonia, Bulgaria, etc.

Como el Dr. Soto del Rey comprendía el fundamental papel de la Historia de la Ciencia en su enseñanza, y para preservar y transmitir el legado de aquellos que contribuyeron al desarrollo de la Física, en el antiguo local del Departamento, a lo largo del pasillo que conducía a los laboratorios instauró una modesta, pero verdadera, galería de Físicos, orgullo indiscutible del Departamento y admirada por todo aquél que tenía la oportunidad de deleitarse con ella, a la vez que adquiriría conocimientos.

Los años de las década de los cincuenta y sesenta del siglo pasado constituye una etapa de definiciones y de establecimiento de una corriente pedagógica propia en cuanto a la enseñanza de la Física para estudiantes de pregrado de Ingeniería y de Ciencias, para estas últimas también con un perfil de aplicación y así el Dr. Soto del Rey gesta y fue un abandonado, precursor de la idea de ofrecer una carrera de Física Industrial, tema, hoy en día, en boga en el mundo.

Libros de textos del Dr. Soto del Rey

Una entidad académica alcanza madurez cuando, además de preservar la cultura, es capaz de generarla. Ya el Departamento de Física de la Universidad de Oriente, en los primeros años de la década del sesenta, alcanza ese estadio y, así, en septiembre de 1961, ve la luz la obra *Tensión superficial y soluciones líquidas*

de los Doctores Roberto Soto del Rey y Dr. Luis Aguilar Salcedo, en cuyo prólogo se expresa:

[...] con este trabajo, el Departamento de Física inicia la publicación del curso de Física que se imparte a los que estudian Ingeniería en la Universidad de Oriente... No nos gustaría que la obra cuyo primer tomito es este, pudiera sustituir a otras, sin duda mejores, como uno de los ingredientes que van a integrar la superestructura intelectual del estudiante, porque siempre hemos estimado y proclamado como dañino el libro de texto único en los estudios superiores, y por tanto, siempre hemos recomendado en nuestras clases bibliografía para los estudios de física.

Es esta una aspiración de la década anterior hecha realidad; en los años siguientes se publican otros tomos: *Estática*, *Cinemática*, *Hidrodinámica* y, en 1966, *Vibraciones y Ondas*.

Estas obras reflejan la propia personalidad del Dr. Soto del Rey, no solo por haberlas publicado, sino más bien por el estilo propio que las caracterizan: a partir de cortos epígrafes, aislados al parecer unos de otros, se conforman los de mayor jerarquía, hasta llegar a los capítulos; se va construyendo, poco a poco, el conocimiento y la teoría más general. En ellos, se emplea la cantidad de palabras necesarias: si falta una, la idea queda inconclusa; una más es superflua; este método expositivo es característico del Dr. Roberto Soto del Rey, la conjugación del racionalismo y la síntesis, su gran dominio del idioma, su cultura y su vasta experiencia pedagógica le permitieron dar sus clases con este mismo estilo: con la cantidad de palabras estrictamente necesarias para las explicaciones orales, lo cual era plasmado, sintéticamente, en la pizarra, de una manera tan organizada y estética, que hoy nos parecería fruto de algún editor computacional. La experiencia y la razón están también presentes en sus obras; para llegar al conocimiento, se describen múltiples experiencias y, por generalización, se llega a conclusiones teóricas. Nunca se olvidó el rigor teórico y experimental, ni las aplicaciones prácticas.

Siguiendo la misma concepción de aquel primer tomo del curso de física publicado en 1961, el Dr. Roberto Soto del Rey

continuo su labor de escribir y presentar a sus alumnos las conferencias que dictaba en formato de libros, con su estilo propio publica dos tomos de Ejercicios de Mecánica Clásica y su obra cumbre: los cuatro tomos del curso *Introducción a la Biofísica* (1988). Esta obra es fruto del trabajo universitario, y extrauniversitario: universitario, porque es el producto de largos años de su labor académica impartiendo la Física para médicos (incluidos muchos profesores de la Facultad de Ciencias Médicas), estudiantes de medicina y biología. Extrauniversitario, porque nadie le encomendó al Dr. Roberto Soto del Rey tal misión, solo la necesidad de la misma y su profunda intuición para detectar tal necesidad, el texto, con un lenguaje riguroso característico, nos adentra en el campo de la Biofísica.

La obra *Introducción a la Biofísica* es un magnífico texto para un amplio círculo de lectores. En ella se exponen los rudimentos de Física que deben conocer los biólogos, farmacéuticos, médicos, bioquímicos, veterinarios. Pero, en ella, se encierran también grandes enseñanzas para aquéllos que estamos vinculados a la Física de la naturaleza viva. Esta obra posee un inapreciable valor para los físicos que tienen a su cargo la formación de pre y postgrado de las especialidades de Biología, Farmacia y Medicina. El elemento más característico y complejo de la obra es la motivación. No hay tópico de la Física: Mecánica, Molecular, Óptica o Electromagnetismo que no sean debidamente ilustrados a lo largo de los cuatro tomos con ejemplos biológicos.

Es de destacar que el Dr. Soto del Rey, cuando comenzó a dar clases en las carreras de medicina y biología, se dio cuenta que explicar con éxito la Física a los estudiantes de estas carreras era imposible con el empleo de los textos tradicionales, dedicados a estudiantes de perfil técnicos o físico: era necesario concebir cursos *sui generis* para las carreras de corte biológico. Contaba ya con más de cincuenta años, una edad en que muchos profesores se adocenán y, en el mejor de los casos, se limitan a continuar desarrollando las líneas de trabajo que ya han empezado; a esa edad, el Dr. Soto del Rey comenzó, prácticamente “desde cero”, a documentarse en los aspectos biológicos que necesitaba para concebir sus nuevos cursos, de modo que

resultaran útiles para biólogos y médicos. Esto significó pasarse horas y horas todos los días, durante meses, en la biblioteca de la Facultad de Medicina, hasta que logró hablar en el lenguaje de los médicos, desentrañar sus problemas y pudo plasmar en el papel su obra, *Introducción a la Biofísica*, que hoy es libro de texto de los estudios de pos grado de la carrera de medicina.

Dr. Roberto J. Soto del Rey, el precursor de las investigaciones aplicadas

El Dr. Soto del Rey fue un abanderado y precursor de las ideas del fomento de las investigaciones científicas, sobre todo las aplicadas, las que en general fueron muy pobres en las décadas de los años cincuenta y sesenta, lamentablemente sus ideas solo fueron muy loables.

Soto del Rey no solo fue un fiel seguidor de las concepciones de José Agustín Caballero y Rodríguez y las de su ilustre discípulo Félix Varela en cuanto a la enseñanza de la física se refiere, como se mencionó antes, sino también en otros aspectos, como por ejemplo Varela muestra su interés por la relación de la Física con otras ciencias, en especial con las ciencias de la vida; así en sus *Lecciones de Filosofía* aparecen diferentes efectos de los fenómenos físicos en los biológicos, como los relativos a los efectos del campo eléctrico en las plantas, los huevos empollados, etc.

Así Soto del Rey inició en la Universidad de Oriente, o más bien llevó a la práctica los deseos de Varela, pues él en colaboración con profesores del departamento de Biología realizó múltiples experimentos relacionados con el sometimiento de semillas de frijoles a la acción del campo magnético de un imán, para investigar sus efectos en la germinación de estos frijoles.

El Dr. Soto del Rey fue un precursor de los estudios de Biofísica en nuestra Universidad de Oriente, y su siembra con el de cursar del tiempo, se ha materializado en el Centro de Biofísica Médica y en algunas investigaciones que se realizan en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado.

El Dr. Roberto J. Soto del Rey no fue un hombre que se dedicó sólo al cultivo del conocimiento abstracto, sino que trato,

con todos los medios que tuvo a su alcance, de lograr aplicar todo su caudal de conocimiento al mejoramiento del pueblo cubano.

Soto del Rey ha sido uno de nuestros grandes educadores en el campo de las Ciencias Físicas. En el centenario de su natalicio rindámosles su merecido homenaje a este abnegado, clarividente, estoico profesor y fundador de escuelas.

50 Aniversario de la fundación de la carrera de Física en Santiago de Cuba¹¹

La carrera de Física nació a raíz de la Reforma Universitaria de 1962. Se empezó a estudiar en la Escuela de Física adscrita a la Facultad de Ciencias de la Universidad de la Habana, que comprendía también las escuelas de Matemática, Química, Ciencias Biológicas, Geografía y Psicología. El grado de licenciado había sustituido al de Bachiller desde 1880, pero las especialidades relacionadas con la Física eran desde entonces y hasta ese momento las Ciencias Físico-Matemáticas y las Ciencias Físico-Químicas.

Esta nueva carrera de Física se inicia en la Universidad de la Habana, pero también se quiso abrir en la Universidad de Oriente (UO) y 1965 se constituyeron dos comisiones, dirigidas por los ingenieros Luis Oliva y Miguel Matute respectivamente, para analizar las vías de formar Físicos en la UO, con el objetivo de resolver los problemas docentes de esta disciplina. Pero esto no prosperó porque se pensaba que la UH podía formar a todos los físicos necesarios al país. Sin embargo, la situación se hacía crítica, ya que muchos que querían estudiar Física no podían, aún con el plan de residencia estudiantil creado por la revolución, estudiar en La Habana y, por otra parte, eran pocos los graduados de la UH que se disponían a vivir y trabajar en Santiago de Cuba u otra ciudad del oriente cubano.

¹¹ Conferencia Inaugural del V Taller de Enseñanza de la Física, Universidad de Oriente, 30 de mayo al 2 de junio de 2018.

Gestación de la carrera (1967-1970)

En el curso académico 1967-1968, o sea, a los veinte años de fundada la Universidad de Oriente, se incorporaron al Departamento de Física los profesores Jorge González Alonso y Homero C. Fuentes González, quienes se habían graduado de físicos en la Universidad Técnica de Dresden y de La Habana respectivamente y se inicia nuevamente la gestión de formación de Físicos en sus predios.

En intercambios realizados con el físico soviético F. D. Kochanov, que brindaba temporalmente servicios docentes e investigativos a la UH, se vislumbró que el objetivo no se limitaba al de resolver sólo el problema docente, sino también al de desarrollar la Física y, fundamentalmente, sus aplicaciones en la industria minera y otras, y así surge la idea en 1967 de solicitar al Ministerio de Educación (Mined) la autorización para formar físicos en un Plan Especial de Ingeniería Física de la Escuela Básica de la Facultad de Tecnología, quienes se graduarían en Julio de 1971 según se publicó en la prensa local, periódico Sierra Maestra:

Se graduarán primeros Ingenieros Físicos de la UO en 1971, con el fin de resolver problemas tecnológicos y análisis físicos de minerales...

Para esta nueva carrera se seleccionaron estudiantes de otras carreras de Ingeniería o Ciencias Químicas de la UO y otros de la provincia de Oriente que cursaban Licenciatura en Física en la UH (señalados con UH), conformándose un primer grupo (F-1) en el segundo semestre del curso 1967-1968, constituido por los estudiantes: Cobas Aranda Margarita, Fernández Bulnes Julia (fallecida), Guzmán Carménate Arturo (UH) (fallecido), Hernández Joel, Horruitinier Silva Pedro (fallecido), Lucambio Urdaneta Guillermo, Pómez Hernández Ramón, Roca Oria Eduardo (UH), Tejera Juan Antonio (UH), este último no se graduó en 1970. Un segundo grupo, el (F-2), se conformó a inicios del curso 68-69, de los que se graduaron en 1970: Cabal Mirabal Carlos, Casteleiro Rosario, Castillo Eduardo, Catusus Portuondo Miguel, Cumba Leyva Félix, García Ramos Manuel, Méndez Pérez Luis M., Pérez Tamayo Luis, Ricardo Pérez Jorge, González Eliecer (se incorporó posteriormente al grupo). De esta forma

en el presente curso 2017 - 2018 se cumple el L aniversario del inicio de la formación de físicos en la UO.

Por la explosión de la matrícula universitaria que habría en 1971, la carrera de los F-1 se redujo a cuatro años y la de los F-2 a tres, por eso en la tarde del martes 8 de diciembre de 1970, en el emblemático e histórico Teatro Universitario de la UO, se celebró el acto solemne de graduación de los primeros físicos formados en esta indómita institución académica, los primeros y únicos 19 Ingenieros Físicos, que se reportan en el curso 1970-1971.

Al oficializarse la Escuela de Física de la Universidad de Oriente en marzo de 1970, fue nombrado director el Lic. Jorge González Alonso, subdirector el Lic. Homero Fuentes González con el claustro constituido por y los Drs. Roberto Soto del Rey y Luis A. Aguilar Salcedo, los 19 recién graduados Ingenieros Físicos y se incorporan al poco tiempo tres graduados de Licenciatura en Física de la UH. A su vez se definió un perfil de trabajo y de especializaciones de la carrera dentro de los métodos físicos de análisis, en los campos de la Física Nuclear, Óptica y Espectroscopia, y Física de los Rayos-X y Metales, por ello, la Escuela tenía cinco departamentos:

1. Física General y Teórica encargado de las asignaturas que trataban los tópicos de la Mecánica y la Termodinámica y Física Molecular de los alumnos de Física y de otras carreras de ciencias e ingenierías, además de las Físicas Teóricas (Mecánica, Electrodinámica, Mecánica Cuántica y Física Estadística y Termodinámica) de la carrera de Física.
2. Física Electrónica con las asignaturas que trataban el Electromagnetismo para los estudiantes de todas las carreras de Ciencias, Ingeniería y Física; y las Electrotecnia y Electrónica para los estudiantes de Física, incluidos Métodos Electrónicos específicos para cada rama de especialización.
3. Departamento de Óptica y Espectroscopia con las asignaturas de Óptica y Física Atómica para todas las carreras y las de especialización en Espectroscopia para los físicos.
4. Departamento de Rayos-X y Metales con la asignatura Física del Estado Sólido y las de especialización en esta rama.

5. Departamento de Física Nuclear con la asignatura Física Nuclear y las respectivas de especialización en este campo.

Como se observa, la estructura de la Escuela se correspondía con ramas concretas de la ciencia y los profesores que impartían asignaturas y realizaban investigaciones en un campo dado, impartían también asignaturas de formación general relacionadas con ese campo, lo que fortalecía la enseñanza y el interés de los estudiantes por las investigaciones. Con esta estructura en el curso 1972-1973 la Escuela tiene su primera graduación ya de cinco Licenciados en Física.

A la par de la formación de los primeros Ingenieros Físicos, también a partir de septiembre de 1970 para graduados de Secundaria y que culminaron su Servicio Militar Obligatorio, se abrió un curso corto de formación de Técnicos de Laboratorio para que trabajasen en los laboratorios docentes y de investigación de la Escuela.

En el acto de graduación de los primeros Físicos formados en la UO, el Vicerrector Docente en ese momento Ing. Miguel Torres decía:

Queríamos señalarle a los compañeros que hoy se gradúan en primer lugar que no han hecho otra cosa que llegar a un punto de partida, que requiere de la toma de conciencia de la importancia, de la magnitud y del significado de la Escuela de Física [...]; en cuanto al papel que desempeñan en la Facultad y en la Escuela, [...] en cuanto a la importancia que evidentemente tienen dentro de los planes de desarrollo de la Universidad.

A su vez en ese mismo acto el Director de la Escuela de Física, Lic. Jorge González Alonso expresaba:

La Escuela actualmente estructurada puede junto con el pequeño número de graduados que ha contado hasta el presente, constituir un núcleo que sea el punto de partida del desarrollo de la Física en nuestra provincia [provincia de Oriente].

Desarrollo ulterior de la carrera

En estos 50 años de formación de Físicos, la Universidad de Oriente ha graduado a 527 especialistas en este campo, o sea, 10,54 graduados/curso, incluyéndose entre ellos a los primeros diecinueve Ingenieros Físicos, a 26 Licenciados del curso vespertino nocturno entre los cursos 1979-1980 al 1993-1994 y en el curso diurno a catorce extranjeros de Angola, Etiopía, África del Sur, México, Haití, Panamá y otros países de África y América Latina.

En los años 2006 al 2008 se impartió por profesores del Departamento de Física un diplomado a unos treinta profesores de los preuniversitarios, de los cuales dos lograron obtener el título de Máster en Ciencias Físicas con mención en Enseñanza de la Física.

Desde esa época, se tiene un programa de Maestría en conjunto con la Facultad de Física de la UH y en 2010-2015 concluyeron sus trabajos y lo defendieron en el tribunal constituido por profesores e investigadores de la UO trece maestrantes, diez de UO, dos del Mined de Santiago Cuba y uno de la Universidad de Camagüey.

El claustro original de la Escuela de Física, o sea, de la carrera de Física desde su fundación hasta la actualidad ha estado en constante superación, aumentando su nivel académico y científico como se muestra en la tabla 2, al presentarse los porcentajes de Profesores Titulares y Auxiliares, Doctores, Máster, promedio de publicaciones por profesor en diferentes momentos de estos 50 años.

Tabla 2. Composición del claustro

Años	Doctores %	Máster %	Prof. Titu. Auxil. %	Promedio publicaciones por profesor
1985	22,9 *	-	40,0	-
2005	60,0	66,6	60,0	5,0
2010	46,7	62,5	56,7	4,3
2015	46,42	66,6	75,0	4,42

Los indicadores mostrados en la tabla 2 de los años 2005, 2010 y 2015, entre otros fueron determinantes para que en esos años la carrera de Licenciatura en Física fuera acreditada y reacreditada de Excelencia, por la junta nacional, condición que en estos momentos ostenta.

Para 1985 en la tabla 2, la cantidad de doctores tiene un asterisco, pues en esa época el título era de Candidato a Doctor; no se presenta el indicador de Máster porque todavía no era reconocido en nuestro país; tampoco está el promedio de publicaciones por profesor, pues en esa época no se computaba, eso no significa que no hubiesen publicaciones por parte de los profesores, pues en el entorno de ese año se publican diversos materiales de información científica, textos y manuales de la Serie Físico-Matemática de la Editora Universitaria, que reflejan el quehacer de los profesores del claustro de física, entre estos:

- *Curso de Mecánica*, P. Hourrutinier, 1978.
- *Métodos de determinación de oro en minerales*, M. Cobas, 1980.
- *Estudios de soluciones electrolíticas paramagnéticas con el método de RMN. Estudios de los procesos de solvatación*, C. Cabal, 1982.
- *Colección de problemas resueltos I (Sobre tareas de la Física Matemática y aplicaciones a la Física)*; J. Parera, E. Roca, L. Grave de Peralta, R. López, 1984.
- *Métodos Electrónicos en la Física Experimental*, L. Méndez, 1986.

Dentro de las publicaciones de esos años se debe añadir el texto *Introducción a la Biofísica*, del Dr. R. Soto del Rey, 1988, editado por la Editorial Oriente. Otro ejemplo de la cantidad de publicaciones de esos años está en el vol. 7, no. 1, 1987 de la *Revista Cubana de Física* en la que aparecen nueve artículos, cuyos autores son profesores del claustro de la Carrera de Física de la UO, y en los que se incluyen algunos estudiantes de la carrera, por constituir el artículo parte de su trabajo de diploma como el tercer autor del artículo: “Medición del Coeficiente de Atenuación de Cuantos gamma y de la Densidad Aparente de

Suelos Cubano”. L. Méndez Pérez, L. Pérez Tamayo. A. Ferrer Castillo.

Esta tradición se mantiene y así, el estudiante angolano Lourenço Alexandre Matos en la defensa de su trabajo de diploma en el curso 2014-2015, ya había publicado parte de su trabajo con el título: “Modelo de los dos cuerpos: su rol en el desarrollo histórico de la física y su uso en la enseñanza de la física general” en la *Revista Cubana de Física*, después de participar con el mismo en compañía de sus tutores en el XIII Simposio de la Sociedad Cubana de Física en marzo del 2014.

Como reconocimiento a la Escuela de Física de la UO por la comunidad de Físicos del país, entre el 27 y el 29 de junio de 1985 se celebró el III Simposio de la Sociedad Cubana de Física en sus predios. Evento que se desarrolló exitosamente y hasta el momento el único celebrado fuera de la capital del país.

Si los primeros diecinueve graduados de física en la Universidad de Oriente fueron ubicados en el claustro de su Escuela de Física, con el transcurso del tiempo, los graduados han sido ubicados en diferentes Centros de Enseñanza Superior o de investigaciones de las actuales provincias orientales del país, por ejemplo, entre los cursos 2009-2010 y 2016-2017 uno ha sido ubicado en cada uno de los Centros de Enseñanza Superior de Holguín, Moa, Las Tunas y Guantánamo; ocho en la Universidad de Oriente y once en diferentes Centros de Investigaciones del Citma en Santiago de Cuba.

Cincuenta años después de la fundación de la carrera de física en Santiago de Cuba, ya con el nombre de carrera de Licenciatura en Física de la Universidad de Oriente desde 1970, ha devenido, en su de cursar histórico, en un pilar para la formación de muchas generaciones de físicos en las provincias orientales del país, para la enseñanza, la divulgación y las aplicaciones de la Física.

Referencias bibliográficas

- Acta No. 13 del Consejo Directivo de la Universidad de Oriente. (23 de octubre, 1947). Universidad de Oriente.
- Acta No. 23 del Consejo Directivo de la Universidad de Oriente. (9 de abril, 1948). Universidad de Oriente.
- Alamino Ortega, D. (2006). La Física que nos legó Varela. En *Compilaciones de ponencias presentadas en el Encuentro El Padre Félix Varela en el año Internacional de la Física*. Departamento de Medios de Comunicación Social Arzobispado de La Habana.
- Altshuler, J. & Baracca, A. (2014). The Teaching of Physics in Cuba from Colonial Time to 1959. En Baracca, A., Wendt, H. & Jurgen Renn, *History of Physics in Cuba*. Springer Dordrecht Heidelberg.
- Atlas Collaboration. (2012). *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC*. Physics Letters B716.
- Baraboy V. A. y Kirichincki B. R. (1972). *Yadernaya izluchenia i zhizni*. Izd. Nauka.
- Becker, L. (1986). *Electroweak effects at PETRA. The quarks structure of matter*. World Scientific Publishing Co.
- Bernardini G. (1964). *Principios de la Dinámica*. Universidad de La Habana.
- Blodel, A. (1986). *Electroweak interactions of quarks and leptons. The quarks structure of matter*. World Scientific Publishing Co.

- Bloom, E. D., Foldman, G. J. (1982). Quarkonium. *Scient. Ame*, 256(5), 42.
- Bohr, N. (1913). *Phil. Mag.* (26), 476.
- Bohr, N. (1964). *Física atómica y conocimiento humano*. Aguilar.
- Bonani Espin, G. (1956). *Félix Varela y Morales.-Su influencia en la educación cubana*. [Tesis de Grado. Universidad de Oriente].
- Born, M. (1962). *Einstein Theory of Relativity*. Dover Publications, INC.
- Burchan, W. (1967). *Nuclear Physics, an introduction*. Longmans green and co. LTD.
- CERN. (1992). Making history. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 32(7).
- CERN. (1994). *1993 Annual Report Well on the Vay*. Switzerland.
- CERN. (1995). *Courier Int. Journal of High Energy Physics*, 35(1), 8.
- CERN. (1995). Top quarks discovered. *Courier Int. Journal of High Energy Physics*, 35(3).
- CERN. (1995) Standard Model. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 35(3).
- CERN. (1995). *A year at Lep 1994 Annual Report*. Switzerland.
- CERN. (1995). Nobel 1995. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 35(8).
- CERN. (1995). The standard Model. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 34(5).
- CERN. (1995). Top quark discovered. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 35(3).
- CERN. (1996). Cracking the neutrino enigma, New neutrino experiments. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 36(4).
- CERN. (1996b). Fermilab, smaller than a quark. *Courier Int. J. of High Energy Phys.*, 36(3).
- Crespo Roque, N. (2006). Palabras de apertura del Encuentro El Padre Félix Varela en el año Internacional de la Física. En *Compilaciones de ponencias presentadas en el Encuentro El Padre Félix Varela en el año Internacional de la Física*. Dpto. De Medios de Comunicación Social Arzobispado de La Habana.

- Danun, D. (1984). *Izbrannoe*. Sovietski Pisatel. .
- Demkov, Y. (1974). *Metodologicheski znachenia zadach o stolknovenii microchastizi v fizike*. Sbornik Filosoficheski boprocii fiziki. Izdatelstbo LGU.
- Einstein, A. (1905). *Annalen der Physik*. Vol 17-18.
- Feliu Pérez, B. (1911). *Curso de Física Experimental y Aplicada*. Imprenta de los hijos de Gómez Fuentenebro.
- Fernández, A. (1995). F. Reines y M. Perls: dos Premios Nobel de Física. *Boletín SMF*, 10(2), 76.
- Fleites Lopes, J. (1997). *Albert Einstein e a Imagem Física do Mundo*. Ciência e Sociedade.
- García Márquez, G. (1990). *La soledad de América Latina*. Arte y Sociedad.
- Golin, G. N. (1979). *Xristomataya po istori fizika; Klasisheskaya fizika*. Bisheysnaya Shkola.
- Golovanov, Ya. (1983). *Etiudi ov ucheonik*. Mol. Gvardia.
- González Alonso, J. (1970). *Discurso del Director de la Escuela de Física de la Universidad de Oriente el 8 de diciembre de 1970 en el acto de graduación de los primeros Físicos en la Universidad de Oriente*. Universidad de Oriente.
- González del Valle, F. y Agramante, R. (1944). *José Agustín Caballero Philosophia Electiva*. Biblioteca de Autores Cubanos.
- Heilbron, J. (1985). *L. Phys. Today*, 38(10), 28.
- Herneck, F. (1979). *Albert Einstein*. Mir.
- Jacob, C. (1989). *Sur L'évolution de mécanique classique depuis Newton et Euler jusqu'à D'Alembert et Lagrange*. Noesis, Travaux du Comité Romain d'Historie et Philosophie les Sciences.
- Jramov Yu, A. (1983). *Biograficheski sprebochnik*. Nauka.
- Jramov Yu, A. (1987). *Nauychnie shkoli v fiziki*. Naukovaduna.
- Kaiser, B. (1984). *Massive neutrinos astrophysics an in particle physics*. Editions Frontieres.
- Kaufmann, W. (1901). *Physikalische Zeitschrift*. http://experimentum-crucis.narod.ru/olderfiles/1/Elektromagnetische_Masse.pdf
- Kitaigorodski, A. J. (1985). *Fotones y Núcleos*. Mir.

- Koroliuk U. P., Tzbid A. F. (1988). *Biciedi o yadernoy medicine*. Mol. Gbardia.
- Kuznetzov, B. (1990). *Einstein, vida. Muerte. Inmortalidad*. Ediciones Ciencias Sociales.
- Liatker, Y. (1990). *Descartes*. Ciencias Sociales y Progreso.
- Malley, M. (1971). The discovery of the beta particles. *Ame. Jour. Phys.*, 39(12), 1454.
- Méndez Pérez, L. M. (1995). *Los Rayos-X Cien años de impactos científicos-sociales*. Universidad de Oriente.
- Méndez Pérez, L. M. (2015). La SCF y el año internacional de la luz. *Rev. Cub. Fis.*, 32(1).
- Méndez Pérez, L. M., Matos L. A. y Roca Oria E. J. (2014). Modelo de los dos cuerpos: su rol en el desarrollo histórico de la Física y su uso en la enseñanza de la Física General. *Rev. Cub. Fís.*, 31(2E), E70.
- Méndez Pérez, L. M., Muné Bandera, P. D. y Roca Oria, E. J. (2015). Celebrado el cuadragésimo quinto aniversario de la primera graduación de Físicos en la Universidad de Oriente. *Rev. Cub. Fís.*, 32, 124.
- Méndez Pérez, L., Pérez Tamayo, L. y Ferrer Castillo, A. (1987). Medición del Coeficiente de Atenuación de Cuantos gamma y de la Densidad Aparente de Suelos Cubano. *Rev. Cub. Fis.*, 7(1), 37.
- Méndez Pérez, L., Roca Oria, E. y Cabal Mirabal, C. (2012). Roberto Soto del Rey, fundador de la Universidad de Oriente y de su Departamento de Física. *Rev. Cub. Fís.* 29(1).
- Newton, I. (1992). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Editora Nacional.
- O de Melo, O. (2002). 40 años de la carrera de Física en la Universidad de La Habana: pregrado y postgrado. *Rev. Cub. Fis.*, 19(30).
- Okun, L. (1989). *Phy. Today*, 42(6), 31.
- Papp, D. (1961). *Historia de la Física: Desde la antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*. Calpe, S. A.
- Pauli, W. (1958). *The Theory of Relativity*. Pergamon.
- Pauli, W. (1993). Éter 4 de diciembre de 1930. *Science*, (259), 1873.

- Petryanov U. B., Trifonov D. H. (1984). *Belikoy zakon*. Pedsgogicheskay.
- Planck, M. (1960). *The origen and development of the quantum physics. A survey of physical theory*. Dower Publication Inc.
- Poincare, H. (1944). *Ciencia y Método*. Espasa-Calpe.
- Potencorvo, B. (1980). *Fifty years of neutrino physics: a few episodes*. Preprint JINRE.
- Purica, I. (1987). *Nossis, Travaux du Comite Rumain d'Histoire et Philosophie des Sciences XIV*. (s.e.).
- Purón, E. (2006). El Padre Félix Varela: físico experimental. En *Compilaciones de ponencias presentadas en el Encuentro El Padre Félix Varela en el año Internacional de la Física*. Departamento de Medios de Comunicación Social Arzobispado de La Habana.
- Registro de graduados de Licenciatura en Física. (s.a.) Secretaría General de la Universidad de Oriente.
- Renard, F. M. (1981). *Basics of electron-positron collisions*. Editions Frontieres.
- Richtmeyer, F. et al. (1968). *Introduction to Moderd Physics*. Ediciones Revolucionarias.
- Rosseau, P. (1986). *Del átomo a las estrellas*. Ediciones Vulcano.
- Sánchez Fernández, C. (2013). Discurso en Conmemoración del 70 Aniversario de la Fundación de la Sociedad Cubana de Ciencias Físicas y Matemáticas y de su Revista Científica. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 3(1).
- Sickafus, E. (1996). What Makes an Employable Physicist? *The Industrial Physicist*.
- Soto del Rey, R. (1988). *Introducción a la Biofísica*. Editorial Oriente.
- Soto del Rey, R. y Aguilar Salcedo, L. (1961). *Tensión superficial y soluciones líquidas*. Editora Universitaria.
- Soto, H. (2000). Biografía: Roberto Joaquín Soto del Rey. *Energía y tú*, 9, 33.
- Spasski, B. I. (1988). *Historia de la Física*. Tomos I y II. Editorial Pueblo y Educación.
- Starshinski V. H. (1985). *Mecánica Teórica*. Editorial Mir.
- Thomson, J. J. (1881). *Phil. Mag.*, 51(68), 229.

- Torres, M. (1970). *Discurso del Vicerrector Docente de la Universidad de Oriente el 8 de diciembre de 1970 en el acto de graduación de los primeros Físicos de la Universidad de Oriente*. Universidad de Oriente
- Varela, F. (1961). *Lecciones de Filosofía*. tomo III. Editorial de la Universidad de La Habana.
- Wolfson, R. & Pasachoff, J. (1995). *Physics, whit modern physics: for scientists and engineers*. HaperCollins College Publishers.

Índice

- 5** **Presentación**
- 9** ***Philosophie Naturalis Principia Mathematica*:
comentarios sobre su estructura y contenido**
- 25** **Hitos en la historia de la ciencia de la luz que se
celebraron en el año internacional de la luz y las
tecnologías basadas en la luz**
- 33** **Radioactividad: cien años de conocida por la
humanidad**
- 52** **El electrón (1897-2017), su caracterización y
trascendencia para el desarrollo de la Física en el
siglo xx**
- 68** **Los neutrones bambinos y otros congéneres**
- 90** **Albert Einstein, paradigma científico integral**
- 102** **Padre Félix Varela: excelso maestro de filosofía y física**
- 112** **Física en Cuba (1790-1962)**
- 121** **Roberto Joaquín Soto del Rey: paradigma en
la enseñanza y aplicaciones de la Física en la
Universidad de Oriente**
- 129** **50 Aniversario de la fundación de la carrera de
Física en Santiago de Cuba**
- 137** **Referencias bibliográficas**

Esquicio histórico de la Física. Conferencias conmemorativas, resulta una interesante antología de textos que rememoran momentos de la Física a nivel mundial como la publicación de los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural por Newton en 1686, los hechos que se consideraron por la Unesco para declarar al 2015 como año internacional de la luz, el descubrimiento de la radioactividad por Becquerel en 1896, la determinación de la relación carga eléctrica a la masa de los electrones por Thomson en 1897, la detección del antineutrino electrónico por Reines y Cowan en 1956, la figura de Albert Einstein en 2005 año internacional de la Física.

Así como a nivel nacional como la recordación del 155 aniversario del fallecimiento y el 220 del natalicio de Félix Varela y Morales, el centenario del natalicio del Dr. Roberto J. Soto del Rey y el 50 aniversario del inicio de la formación de Físicos en la Universidad de Oriente, Cuba.

ISBN:978-959-207-698-3



Ediciones UO