

HISTORIA DEL ATOMO NUCLEAR Y DE LOS ATOMOS ARTIFICIALES

DARIO ROZO M.

Presidente de la Academia Colombiana de Geografía. Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias.

1) Los elementos esenciales del átomo son tres: electricidad positiva, neutrón y electricidad negativa.

2) Estos tres elementos en su forma de constitutivos del átomo son los que propiamente deberían llamarse *átomos*, pues son entes indivisibles: electrón, neutrón y positón; pero si se tiene en cuenta que cada uno de ellos no subsiste aisladamente sino durante un lapso extremadamente pequeño y que en cambio el conjunto estable que esos tres elementos forman, sí constituye algo indivisible, tiene por consiguiente la característica del átomo; pero a su vez téngase en cuenta que cada uno de esos elementos componentes, que sólo duran brevísimo tiempo, tampoco pueden ser divididos, ni por métodos mecánicos ni por elucubraciones matemáticas si se tiene en consideración el principio de Plank referente a los *cuantos*.

3) Epicuro de Gargeta, en las extensas obras que escribió sobre física, amplió las teorías de Demócrito de Abdera y dio el nombre de "átomo" a los elementos constituyentes de la materia que este último filósofo había imaginado; palabra cuyo significado original es el de "indivisible". (Siglo tercero a. de J. C.).

4) Las proporciones en que entran los dichos tres elementos son diferentes y definidas para cada sustancia o cuerpo simple; pero al enunciar esto, se presenta a la imaginación el interrogante de saber cómo los hombres han podido llegar a este conocimiento sabiendo que las sustancias son muchas y diversas y que el átomo de una cualquiera de ellas es de una pequeñez tan extremada que hoy se admite, por todos los físicos, que el átomo puede estar contenido dentro de una esferita cuyo diámetro tenga 3 décimas de una MILLONESIMA de milímetro.

5) La primera manifestación de que cada cuerpo es el conjunto de elementos pequeñísimos, se presenta a la imaginación en el vapor de agua y en su condensación, fenómeno que se experimenta en la manipulación de los alimentos por medio del fuego. Después del vapor se presenta a los estudiosos la consideración de los gases. Y fueron los químicos los que primero concibieron la necesidad de la existencia del átomo.

6) La química nació bajo el deseo avaricioso de transmutar sustancias para trocarlas en oro; pero algunos hombres comprensivos ya no persiguieron el oro en esas manipulaciones, sino la ciencia y después de concentrado estudio clasificaron las combinaciones de los cuerpos simples y observaron el hecho de que las propiedades de los elementos son funciones periódicas de los pesos atómicos, de lo cual pudieron deducir que los átomos de los diferentes elementos pueden considerarse como agregados de alguna sustancia fundamental; así fue como hacia el año de 1666 el sabio irlandés Roberto Boyle dijo en sus escritos que él consideraba que los átomos debían estar todos constituidos por la misma materia, que las moléculas estaban compuestas por agru-

paciones de átomos y que las distintas agrupaciones constituían las diferentes sustancias.

7) Por los años de 1804, Juan Dalton, el famoso químico inglés que había descrito su defecto visual que desde entonces se llama *daltonismo*, declaró que los compuestos químicos tenían fácil explicación si se admitían los átomos. Reuss en 1807 descubrió la ósmosis eléctrica, lo que demostraba la constitución granular de la electricidad y por esa misma época el químico francés José Luis Prout (1754-1826) descubrió las proporciones exactas entre los pesos de los componentes químicos.

8) En los comienzos del siglo XIX el fenómeno de la electrólisis (nombre que más tarde se debió a Faraday) preocupó grandemente a los sabios que vivían en esa época; Juan Ritter, que murió en 1810, químico alemán, es tenido por el principal precursor de los descubrimientos de entonces; Parrot, físico ruso; Grotthuss, físico alemán; Davy, químico inglés, expusieron notables teorías sobre la electrólisis; Juan Jacobo Berzelius, químico sueco, fue muy original y acertado: por el año de 1812 emitió la *teoría dualística*, que enuncia que cada átomo debe estar compuesto de cantidades iguales de electricidad positiva y de electricidad negativa. Hacia 1815 el médico inglés Guillermo Prout pensó que la sustancia fundamental que daba origen a los átomos, conforme a lo que había pensado Boyle, podría ser el hidrógeno; idea bastante acertada conforme a estudios recientes, pero que entonces se desechó porque los pesos atómicos de los cuerpos simples no resultan múltiples del peso atómico del hidrógeno.

9) Miguel Faraday, inglés también, al estudiar la electrólisis encontró que había una clara dependencia entre la electricidad y los átomos; Faraday fue el hombre eminentísimo que estudió y comprendió mejor que ningún otro de su tiempo, todas las cualidades y características de la electricidad; a él se deben los términos *electrodo*, *ánodo*, *cátodo*, *ión*, *anión*, *cación*, *electrólisis*, y dio las bases a Maxwell para el estudio matemático del electromagnetismo que estableció la teoría de los campos y de cuyas ecuaciones se ha dicho que parecen haber sido escritas por un dios. En 1833 Faraday descubrió que cuando la electricidad pasa por una solución que contenga el compuesto de un elemento, siempre aparece sobre un electrodo una cantidad de elemento proporcional a la cantidad de electricidad puesta en acción, cualquiera que sea la concentración del compuesto disuelto; esto hizo pensar que cada átomo va acompañado siempre de la misma cantidad de electricidad, lo que se comprobó cuando se supo que los elementos bivalentes transportaban doble electricidad de la que acarrearían los monovalentes.

10) Después la observación de las corrientes eléctricas enviadas a través de tubos de cristal más o menos vacíos, ocupó por varios años a renombrados hombres de ciencia; el que mejores éxitos tuvo fue el londinense Guillermo Crookes, cuyos resultados se conocieron hacia el

año de 1879. Tales tubos permitieron estudiar el comportamiento de los gases con respecto a la electricidad.

11) La hipótesis de que los átomos tenían dos cargas de electricidad iguales pero de signos opuestos, enunciada años antes por Berzelius como quedó dicho, explicaba el comportamiento electrolítico de los gases suponiendo que una de las cargas, bajo la influencia del campo eléctrico, se desprendía del átomo y vagaba aislada o se unía a otro corpúsculo, con lo cual quedaba manifiesta la carga contraria en el átomo abandonado y la opuesta a ella en la electricidad desprendida o en el corpúsculo donde se hubiera alojado. Estas cargas eléctricas desprendidas se llamaron *electrones* y podían ser positivos o negativos; los corpúsculos que resultaran electrizados, de un modo o de otro, se denominaron *iones*, palabra que significa *andantes* porque se mueven atraídos por las placas cargadas de electricidad contraria a la que llevan. Esta palabra electrón significó después solamente corpúsculo u átomo de *electricidad negativa*, porque los experimentos eléctricos que en ese entonces se hacían se explicaban matemáticamente considerando en el flujo eléctrico la electricidad como un ente *negativo* susceptible de cambiar de signo. Modernamente se han hecho patentes tanto el corpúsculo de electricidad negativa como el de electricidad positiva; pero aún hoy, cuando no se expresa lo contrario, se entiende por electrón el corpúsculo negativo, pero en ciertos casos, para evitar circunloquios o confusiones, se ha convenido en llamar NEGATON al electrón negativo y POSITON al electrón positivo.

12) Entre los rayos que se producen en los tubos de Crookes están los catódicos que son invisibles pero que excitan la fosforescencia de los cuerpos en que chocan; Felipe Lenard, alemán establecido en Inglaterra, entrevió que estaban constituidos por un flujo de partículas cargadas de electricidad negativa, propiedad que fue demostrada elegantemente por Perrin, físico francés.

13) Lenard hizo ver que los rayos mencionados se propagaban también en el aire y que impresionaban las placas fotográficas, lo que hacía pensar que en vez de ser corpúsculos materiales cargados de electricidad, debían tenerse como vibraciones u ondulaciones del éter; años más tarde se ha demostrado la conmutación de ondulaciones en partículas; también hizo ver que atravesaban delgadas hojas de metal. Guillermo Conrado Roentgen prosiguió en estos estudios y encontró los rayos de su nombre o rayos EQUIS que causaron grande admiración en todo el mundo; las memorias al respecto fueron rendidas de diciembre de 1895 en adelante.

14) Por esos distantes años los físicos también encauzaron su atención hacia los cuerpos *radioactivos*: en 1896 Enrique Becquerel, francés, que estudiaba la fluorescencia y la fosforescencia, descubrió que las sales de uranio emitían radiaciones semejantes a los rayos X y que ionizaban los gases. Ya Niepce de Saint Victor había descubierto en 1867 que las sales de uranio impresionaban las placas fotográficas. Varios científicos estudiaron los rayos procedentes de las sales de uranio, pero los que obtuvieron mayores éxitos fueron los esposos Curie.

15) Estos estudios establecieron que los cuerpos radioactivos emitían tres clases de radiaciones, esclarecidas por el campo magnético: rayos ALFA, rayos BETA y rayos GAMMA. Los rayos gamma son de la misma clase de los rayos-X pero con longitudes de onda más pe-

queñas; se logró seleccionarlos por su distinta penetrabilidad. Esto acaecía entre los años de 1900 y 1903. Estos rayos ALFA, BETA y GAMMA han constituido la clave para averiguar el interior de los átomos.

16) En 1904 Guillermo Ramsay, químico inglés, recibió el premio Nobel; en el año anterior él y Soddy, otro premio Nobel, examinando las emanaciones de radio, que llamaron *nitón* o *radón*, descubrieron que se transformaban en helio, lo que dio a conocer la transmutación de los elementos y corroboró la idea de que la constitución del átomo estaba compuesta por la electricidad, porque lo que se había separado del radio eran corpúsculos ALFA que son electrones positivos y de eso se había formado el helio.

17) Ahora hay que mencionar dos aparatos preciosos para el análisis del átomo: por esa época los sabios Wilson y Geiger inventaron, cada uno por separado, dos aparatos que permiten ver y aún oír los corpúsculos que brotan espontáneamente de los cuerpos radioactivos y que son parte de sus constituyentes: la cámara de Wilson y el detector de Geiger; este fue perfeccionado hasta hacerlo apto para contar los corpúsculos y se llama contador Geiger-Müller; permite ver los corpúsculos eléctricos como chispas; la cámara de Wilson hace visible el camino que trazan esos corpúsculos al moverse en el ambiente, caminos que son como líneas que pueden fotografiarse; tales caminos son modificables por medio de campos magnéticos y de campos eléctricos convenientemente dispuestos y de características conocidas; el estudio de la fotografía de esas líneas modificadas o no por los campos y teniendo en cuenta las características de éstos, da a conocer la clase del corpúsculo que las trazó, la velocidad que llevaba, la vida del corpúsculo, los choques con otros y las transformaciones que de esos choques resultaron. Esos aparatos, por consiguiente, dieron la manera de analizar lo que se escapa de los átomos.

18) De 1913 a 1920 se realizaron los estudios de J. J. Thomson y los de Aston; ya desde 1897 Thomson había imaginado su célebre método para determinar la masa, la carga y la velocidad de las partículas de los rayos catódicos identificadas como electrones; inventó un ingenioso aparato para estudiar los rayos positivos. Aston construyó su *espectrógrafo de masa*; Dempster le introdujo perfecciones y estos tres sabios hallaron los isótopos y sus respectivas proporciones con lo cual se conoció que los pesos atómicos hallados por procedimientos químicos eran promedios de números enteros, lo que confirmaba el agrupamiento de los elementos constituyentes conforme a lo previsto por Prout.

19) Ya se dijo que a comienzos del siglo actual los experimentadores habían descubierto que los cuerpos radioactivos producían tres clases bien definidas de rayos: los rayos ALFA, BETA y GAMMA y que estos últimos eran de la misma naturaleza de los rayos-X y estos podían producirse de diferentes longitudes de onda, lo que los hace más o menos penetrantes. Ahora diremos que con los rayos mencionados se pudo penetrar en el interior de los átomos y hacer saltar de ese interior elementos que se podían analizar por medio de las fotografías de la cámara de Wilson; estando los estudios en este estado, se presentó a la imaginación la necesidad de idear modelos de átomos para concatenar los resultados de los experimentos.

20) Thompson ideó un modelo, imaginándolo como una esfera de electricidad positiva, rodeada de capas concéntricas de electrones superpuestas unas a otras; Lenard ya había ideado antes otro modelo; el de Thomson era distinto; el sabio japonés Nagoaka imaginó otro; después vinieron los de Rutherford y Bohr.

21) Ernest Rutherford había publicado en 1911 un informe sobre sus experimentos que demostraban que el átomo tiene en su interior una parte densamente cargada de electricidad que denominaba "carga central" y que en escrito posterior le dio el nombre de "núcleo" que ha prevalecido hasta hoy.

22) Rutherford, en su laboratorio en la Universidad de Mánchester en Inglaterra, tuvo la colaboración de eminentes científicos entre otros Hans Geiger y la de E. N. da C. Andrade, de cuyo escrito intitulado "El Nacimiento del Atomo Nuclear" publicado en la entrega de noviembre de 1956 de la revista *Scientific American* de New York, hacemos a continuación un resumen.

23) Uno de los acontecimientos que han hecho época en la historia de la ciencia fue la teoría de que el átomo incluía un núcleo. Esta prominente idea enunciada por la gran figura que dominaba entonces la ciencia atómica, Ernesto Rutherford, aunque causó discusiones y comentarios, no produjo las apreciaciones debidas.

24) Las circunstancias científicas que antecedieron a la idea de Rutherford ya fueron mencionadas al comienzo de este relato. Andrade menciona al físico holandés Hendrik A. Lorentz (el precursor de la Relatividad), que al estudiar *el efecto Zeeman* que es el despliegue de las líneas espectrales por la acción de un campo magnético, había deducido que los electrones del átomo debían tener movimientos regulares en el interior de él, pero no mencionó en qué forma.

25) Añade Andrade que Philip Lenard de la Universidad de Heidelberg fue más explícito porque demostró que la absorción por la materia de electrones con velocidades definidas era aproximadamente proporcional a la masa de la materia atravesada, ya fuera ésta leve o densa como el aire u oro; este hecho sugería que todo átomo contenía indefectiblemente algún elemento eléctrico común, o por lo menos partículas electrizadas, en cantidad proporcional a la masa del átomo. Más tarde el mismo Lenard descubrió que aunque pequeñísima parte del átomo detenía los rayos catódicos suaves, la mayor parte era transparente a ellos, y explicaba esto suponiendo que el átomo contenía diminutos centros de fuerza que llamó "dinamidos", cada uno compuesto por un electrón y una carga positiva en estrecha proximidad; así el átomo venía a ser una configuración de *dinamidos* y en ella se tiene otro modelo de átomo.

26) Joseph Kohn Thomson propuso otro modelo en el que adoptaba una sugestión de Lord Kelvin, imaginaba el átomo como electrones embebidos en una esfera de electrificación positiva que ocupaba todo el volumen del átomo, pero en caso de moverse estos electrones, el modelo no tenía en cuenta las dificultades provenientes de las clásicas leyes de la electrodinámica; además Thomson intentó relacionar la estructura de su átomo con las propiedades químicas periódicas, y para eso ideó que los electrones estuvieran dispuestos en anillos girando dentro de la esfera positiva; la disposición gradual de los anillos presentaba una clara analogía con el

sistema periódico. Una mayor dificultad recaía sobre este modelo: una carga eléctrica en movimiento debía irradiar ondas electromagnéticas y por consiguiente perder energía; si los electrones se movían perdían energía y por consiguiente sus órbitas debían estrecharse cada vez más y más hasta el acabamiento.

27) Otros bien conocidos físicos se dieron también a idear átomos: el del japonés Hantaro Nagaoka consistía en una carga central positiva rodeada de un anillo de electrones, semejante al planeta Saturno.

28) Así estaban los asuntos en mayo de 1911 cuando Ernesto Rutherford, entonces profesor en la Universidad de Mánchester, publicó el trascendental escrito que puso ante el mundo el átomo nuclear; llevaba por título "La Dispersión por la Materia de las partículas Alfa y Beta y la Estructura del Atomo"; era un informe sobre los resultados de una serie de experimentos del bombardeo sobre hojas de metal por la proyección de partículas.

29) El asunto primordial era la explicación de las inesperadas y variadas desviaciones de esas partículas al bombardear la materia: cuando un chorro de partículas alfa se disparaba sobre una delgada hoja metálica, de oro por ejemplo, muchas de las partículas atravesaban la hoja rectamente; otras salían desviadas, en algunas ese desvío formaba un ángulo considerable con respecto a la dirección del disparo; otras rebotaban emergiendo de la faz de la hoja en que habían dado. Los modelos de átomos hasta entonces ideados no explicaban satisfactoriamente estos desvíos y entonces Rutherford propuso un nuevo esquema cuya imagen consistía en una carga central que después en otro escrito llamó *núcleo*. Este núcleo central permitía explicar las deflecciones ya fuera por atracción o por repulsión; podía pues ser eléctricamente positivo o negativo. Aplicando el cálculo de probabilidades halló que el número de partículas rebotadas era proporcional al peso atómico del material de la hoja y a su delgadez, ambas cosas eran fuertes argumentos en favor del átomo nuclear.

30) Pero el escrito no produjo sensación especial en el mundo de los físicos. Andrade estaba entonces estudiando en Heilderberg con Lenard por profesor y dice que allá el ambiente era verdaderamente ávido por la física atómica y electrónica, que causó grandísimo interés la primera publicación de C. T. R. Wilson sobre su cámara de niebla, pero que no recuerda que hubiera habido algo semejante sobre los escritos de Rutherford; agrega que hojeando la revista *NATURE* del año de 1911 no encontró mención de sus escritos, sólo una referencia a la dispersión de las partículas en breve y rutinaria nota relativa a una conferencia en que se dio noticia de ello y pronunciada por Rutherford el 7 de marzo en la *Sociedad Literaria y Filosófica* de Mánchester. De manera análoga en la revista *Science* pasó también inatendido aquel escrito que señaló una época.

31) El hecho es que en 1911 la estructura del átomo no fue tenida en cuenta por la mayoría de los físicos; parecía que se considerara como un inaccesible y especulativo problema, en algo semejante al de la vida en otros planetas. Nadie se interesó por la emisión de las partículas alfa.

32) Quizá la misma reticente actitud de Rutherford pudo haber sido una de las causas de haber dado tan es-

casa acogida al advenimiento del átomo nuclear; en el libro que publicó dos años después, en 1913, *Sustancias Radioactivas y sus Radiaciones*, solamente le dedica dos pasajes a la estructura del átomo, entonces fue cuando dio el nombre de *núcleo* a lo que había llamado *carga central*, pero aun no especificaba el signo de esa carga; el segundo pasaje, hacia el final del libro y probablemente escrito con posterioridad, es más explícito, porque establece definitivamente que la carga es positiva y el resto del átomo es como una distribución de electrones.

(En 1910 Forest había construido la válvula electrónica que hacía ver que la facilidad de desprendimiento de los electrones daba motivo para pensar que debían estar en la periferia del átomo).

33) Con estas palabras inició Rutherford la cuestión de la estructura del átomo: "Indudablemente el centro del átomo cargado positivamente es un complicado sistema en movimiento, que consiste en parte de átomos cargados de helio e hidrógeno" y añade: "Eso parece como si los átomos de materia cargados positivamente se atraieran los unos a los otros cuando están a muy pequeñas distancias, de otro modo es difícil comprender cómo las partes componentes se ligan unas a otras en el centro". Planteó así Rutherford el problema de las misteriosas fuerzas que aglutinan el núcleo, el cual hasta hoy, después de 40 años, es uno de los más difíciles entre todos los problemas de la física atómica.

34) Aunque los físicos del mundo tomaran con calma el descubrimiento del átomo nuclear, en el laboratorio de Rutherford hubo siempre entusiasmo, lo que generaba especial fermento. En la primavera de 1912 Niels Bohr, de Copenhague, llegó al laboratorio de Mánchester y encontró a los laboratoristas llenos de entusiasmo ante las amplias perspectivas abiertas por el descubrimiento. El mismo Bohr había llegado encendido también por idéntico empeño, empleó algunos meses trabajando en ese laboratorio y se convenció de la corrección y de las grandes posibilidades del modelo nuclear del átomo.

35) Después de su permanencia en Mánchester, Bohr publicó en julio de 1912 un escrito en que firmemente establecía la estructura del átomo como consistente en un núcleo circundado de electrones; también dedujo que el hidrógeno tiene una carga positiva de una unidad y que el helio tiene dos.

36) Poco después Antonio van der Broek, de Holanda, enunció el principio de que el átomo tiene una carga nuclear igual al *número atómico*. También por esa época Casimiro Fajans en Alemania, Federico Soddy y Alejandro Russell en Inglaterra, independientemente, formularon la ley que rige la transmutación del átomo por desgaste radioactivo: "cuando un átomo emite una partícula alfa (la cual contiene dos cargas positivas) desciende dos lugares en la tabla periódica; cuando emite una partícula beta, asciende un lugar".

37) También a Soddy se le debe la palabra "isótopos". La correcta relación entre la carga nuclear y el número atómico fue manifiesta por el hermoso trabajo del físico inglés G. H. Moseley (que pereció en 1915 a la edad de 27 años, en la batalla de Galípoli) quien por sistemáticos experimentos demostró que cada elemento del átomo cuando es excitado para producir rayos-X, los que emite tienen una longitud de onda caracterizada por el

número atómico de la sustancia; también se obtuvo con esto el conocimiento de que hay en el átomo zonas internas de diferentes potenciales, las que fueron designadas con las letras K, L, M, N, O, P.

38) En 1913 Bohr publicó tres escritos revolucionarios en física por los cuales aplicaba la teoría de los cuantos a las órbitas de los electrones que debían circundar al núcleo y explicaba la emisión de luz y rayos-X por el cambio de una órbita a otra en concordancia con los cuantos de Planck.

39) Pero al admitir las órbitas de los electrones se tropezaba con la dificultad que provenía de las leyes establecidas en electrodinámica; empero Bohr proclamó que las clásicas leyes de la electrodinámica no tenían por qué ser aplicadas en el interior de los átomos.

40) Estas órbitas de Bohr explicaron muchas de las propiedades del átomo; pero en la actualidad las órbitas han sido reemplazadas por una especie de atmósfera que representa la probabilidad de encontrarse el electrón en determinada posición porque así se explican mejor algunos fenómenos; pero a pesar de esto la actividad de los estudios atómicos continúa considerando las órbitas reguladas por condiciones cuánticas.

41) Durante la primera guerra mundial fue tomando cuerpo el átomo nuclear, aunque no se entrevió su importancia; en el conocido libro de Norman B. Campbell, *Modern Electrical Theory* publicado en 1913 no se menciona el átomo de Rutherford; en 1915 Pieter Zeeman, descubridor de *efecto Zeeman*, se refiere en una parte a los modelos de átomo imaginados por James Jeans, Joseph Larmor, Lenard, Nagaoka y Bohr y añadía que en la explicación de los espectros luminosos, los modelos de Thomson y de Ritz parecían los aceptables; Owen Richardson en su *Electro Theory of Matter*, obra modelo en su género, consagra casi todo un largo capítulo a la estructura del átomo de Thomson; en las últimas páginas menciona el átomo nuclear y hace breves consideraciones sobre los trabajos de Bohr, pero sí comenta, aunque no desfavorablemente, la contradicción con los principios aceptados en física eléctrica.

42) Hasta aquí el resumen del escrito de Andrade, físico y escritor que trabajó con Lord Rutherford en 1913 y que participó en muchos de los eventos que relata en este estudio; profesor de física en la Universidad de Londres; descubrió la ley Andrade sobre resbalamiento molecular metálico; escribió una historia de la ciencia y es experimentado lingüista y poeta. Nació en Londres en 1887 de familia con ascendencia portuguesa; desde 1935 es miembro de la Royal Society.

43) La hipótesis del átomo nuclear, aunque muy bien fundada, necesitaba entrar en el período de comprobación que ha dado buenos resultados pero que aun continúa. El comportamiento de los cuerpos radioactivos y la producción controlada de Rayos-X proporcionaron los instrumentos para penetrar dentro del átomo y averiguar mucho sobre su constitución; así Rutherford en 1919, por medio de los rayos o partículas alfa que sabía aplicar con suma habilidad, produjo la desintegración del átomo de hidrógeno: tenía un electrón y un núcleo que recibió el nombre de PROTON y que debía contener la carga positiva que contrarrestaba al electrón.

44) Sommerfeld aplicó las teorías orbitarias de Bohr con éxito completo al electrón del hidrógeno lo que se

comprobó por las rayas del espectro. Para otros átomos con varios electrones la aplicación de estas teorías son de una complejidad desconcertante y no se han llevado a cabo.

45) El número atómico del hidrógeno es UNO; el del helio es DOS, su análisis dio DOS electrones, pero no pudo deducirse que estuviera formado por DOS átomos de hidrógeno, porque su peso no era doble del peso del oxígeno sino cuádruple, debía tener por consiguiente DOS protones más en el núcleo pero neutralizados con dos electrones negativos; esos protones así neutralizados se llamaron NEUTRONES. Pero tales nombres de NEUTRON y PROTON no comenzaron a usarse sino cuando Chadwick, en febrero de 1932, publicó en *Nature* una nota con el título de "La posible existencia del neutrón". Años antes ya habían estudiado este asunto Bothe y Becker en Giesen, Alemania; Joliot y su esposa Irene Curie, en Francia, también adelantaron estos estudios (Enero de 1932).

46) Geiger y Marsden en el laboratorio de Rutherford, contando los destellos producidos por partículas alfa en una pantalla de sulfuro de zinc y valiéndose de las fórmulas de Rutherford basadas en la teoría de las probabilidades, hallaron que las cargas positivas *libres*, o sea los protones, de diferentes sustancias eran en número *próximamente* iguales a la mitad del número que indica su peso atómico; van der Broek y Laue estudiaron este punto y establecieron que "la carga positiva del núcleo viene expresada por el número atómico".

47) La "ley del desplazamiento" en la radioactividad expresa que la salida de una *partícula beta* (negativa) del núcleo hace avanzar *un* puesto en el número atómico al elemento resultante; la emisión de una *partícula alfa* hace retroceder al cuerpo resultante en *dos* puntos.

48) El espectro de alta frecuencia que tuvo su origen en los estudios de Moseley y que Thibaut también produjo por medio de superficies rayadas, hizo conocer los diversos niveles de energía de los electrones que acompañan al núcleo y condujeron a Bohr a cocebir los electrones periféricos del átomo como dispuestos en estratos de diversos niveles; pero recordemos que al principio Bohr había supuesto que los electrones se movían en órbitas; al respecto escribe Castelfranchi: "Esta hipótesis se tuvo que rechazar en seguida, de modo que los dibujos de aquellas órbitas deben interpretarse como simples diagramas esquemáticos para ayudar a la imaginación".

49) En 1922 Bohr pudo formular la distribución completa de los electrones en los diversos estratos: en el K, 2; en L, 2 y 6; en M, 2, 6 y 10; en N, 2, 6, 10 y 14. Los átomos cuyos electrones no se ajustan a estos números, llevan en la capa más externa los electrones que aun no completan un substrato. Esta distribución de los electrones está, implícitamente, conforme a una ley encontrada por Pauli llamada "Principio de exclusión".

50) En 1928 G. Beck, de Viena, demostró que también la estructura del núcleo debe obedecer al principio Pauli (Castelfranchi, *Física Moderna*).

51) Esta disposición de los átomos periféricos en órbitas que cambian por cuantos, explica satisfactoriamente la presencia de las rayas en el espectro luminoso; sin embargo, para la presencia de las rayas finas del espectro

hubo necesidad de dotar a los electrones de *spin* o sea de giro cuántico sobre sus ejes, giro que producirá los *magnetones*.

52) De los estudios anotados someramente se sabe hoy que la parte del átomo que rodea al núcleo está bastante bien conocida; pero en lo referente al núcleo se sabe relativamente poco a pesar de trabajos tan importantes como los que se mencionan a la ligera: Por bombardeo de átomos valiéndose de emanaciones alfa, Rutherford y Chadwick, entre 1924 y 1927 en Cambridge, lograron descomponer en parte el núcleo de algunos cuerpos ligeros; al mismo tiempo en Viena Kirsch, Schmit, Peterson y otros, pudieron hacer salir protones del núcleo; en 1925 P. M. S. Blacket consiguió fotografiar la expulsión de protones. En 1930 se publicó una relación sobre los trabajos de Bothe y Becker en Giesen, Alemania, por los cuales se ha obtenido la expulsión de otra partícula procedente del núcleo, la cual tenía que ser un NEUTRON según la demostración de Chadwick.

53) El 2 de agosto de 1932 Carl D. Anderson tomó una sorprendente fotografía en el Norman Bridge Laboratory (California Institute of Technology) en la que encontró el trazo de un ELECTRON POSITIVO LIBRE; en el Cavendish Laboratory fue confirmado este descubrimiento habiendo bombardeado una lámina de plomo con neutrones procedentes del berilo; Anderson lo había obtenido por la fotografía de un RAYO COSMICO; en 1933 otros sabios comunicaron que se obtenían positrones bombardeando berilo con rayos alfa; el 24 de abril de 1933, en comunicación a la National Academy of Sciences, Anderson informaba por primera vez que electrones libres, tanto positivos como negativos se producen simultáneamente por el impacto de fotones de rayos gamma, suceso notable.

54) Queda pues establecido que los componentes del átomo son tres: Neutrón, Positón y Negatón; es decir, electrones de ambos signos y otro componente que no tiene manifestaciones eléctricas; pero no se sabe a cabalidad cómo están dispuestos esos elementos en el núcleo.

55) Hacia el año 24 se publicaron unas mediciones hechas en rayos gamma emitidos por el radio B y el radio C y se descubrió que en el núcleo también existen niveles de energía que fueron llamados A, B, C, D, E, F, G, pero las diferencias que entonces se encontraron no ofrecen la regularidad de los niveles extranucleares; ya se apuntó que 4 años más tarde Beck demostró que en el núcleo los niveles debían obedecer al principio de Pauli.

56) En su libro de Física Atómica, impreso en Madrid en 1949 el Ing. Mariano G. Salas habla de la formación en el núcleo de *grupos* de partículas alfa, que él llama *subcápsulas* y que en cierto sentido esas cápsulas nucleares pueden considerarse como análogas a las cápsulas de electrones que ocupan el contorno del átomo. Nótese que no se habla de cápsulas concéntricas.

57) Si en el núcleo hay electrones positivos, deberían rechazarse unos a otros, según las leyes de Coulomb, pero el núcleo es estable, por consiguiente es necesario que exista entre ellos una fuerza especial que contrarreste la de repulsión Coulombina; se ha colegido que en el neutrón debe radicar esa fuerza o si no es algún otro componente. El físico japonés Yukawa encontró teóricamente ese ligamento y lo llamó MESON.

58) Las cualidades del meson fueron halladas en un cierto rayo cósmico y se manifestó como un corpúsculo de duración extremadamente corta, milésimos de segundo; Yukawa recibió el premio Nobel por ese estudio. Pero se ignora si el meson hace parte del neutrón o no; el caso es que los investigadores han encontrado hasta el año de 1956, ONCE distintos mésones, 6 mésones pesados y 5 livianos; para distinguirlos se les asignaron distintas letras del alfabeto griego; al notar la variedad de mésones se propuso una clasificación internacional por el Congreso de Radiación Cósmica, reunido internacionalmente en julio de 1953 en Bagnères-de-Bigorre, organizado por la Universidad de Tolosa, con apoyo de la Unesco y bajo los auspicios de la *International Union of Pure and Applied Physicists*. Entonces se mencionaron 12 mésones pesados que se llamaron K mésones o *mesones K*; las letras PI y MU se destinaron para los mésones ligeros y con diferentes índices.

59) En julio de 1957 se conoció otra nomenclatura más sencilla en la que los mésones PI se llamaron PIONES y los indicados con MU se denominaron MUONES; la lista viene encabezada con los más pesados que han recibido el nombre de HIPERONES en los que están comprendidos los XIES, los SIGMAS y los LAMBIDAS y cada uno de estos con modalidades.

60) En este lugar es bueno advertir que las partículas o entes que obedecen matemáticamente a un signo y que luego resultan comportándose como si tuvieran signo contrario, reciben el mismo nombre pero anteponiéndole las sílabas *anti*, por ejemplo Protón y Antiprotón; antielectrón es el positón, se ha hablado hasta de *anti-materia*.

61) Hay que advertir que la mayoría de estos corpúsculos que se han llamado elementales, han sido encontrados en los rayos cósmicos y no directamente sobre la descomposición artificial de los átomos. El Prof. P. E. Hodgson, graduado en la Universidad de Londres e investigador, dice: "Muchos científicos piensan que los mesones no están expresamente presentes en el núcleo sino que se forman en el momento de producirse la desmembración del átomo".

62) Las revistas científicas publicadas hacia el año de 1952, se expresaban en estos términos: La estructura electrónica (se refieren a los electrones negativos) del átomo está bien conocida. Se ha encontrado que los electrones se distribuyen espontáneamente en torno del núcleo en grupos conocidos con el nombre de capas ('shells') o estratos; el más profundo sólo puede contener DOS electrones; el próximo únicamente da cabida a OCHO; el siguiente la da para DIECIOCHO no más; etc. En general el estrato n dará cabida solamente a $2n^2$ electrones. Cuando la capa externa se completa según la norma indicada, el cuerpo correspondiente es muy estable y químicamente inerte; p. e. el NEON que tiene 10 electrones que se disponen en dos estratos, uno de 2 y el otro de 8; el SODIO que tiene 11 es químicamente combinable pues en el tercer estrato sólo tiene UN electrón (2-8-1). Pero estos estratos se subdividen a su vez en subestratos o capas conforme al principio de Pauli.

63) Se habla de *órbitas* de conformidad con el lenguaje anterior a la mecánica ondulatoria; hoy es más correcto hablar de *distribución probabilística* en vez de *órbitas*, pero también se usa la palabra ORBITAL acuñada para expresar este caso.

64) Para el núcleo se han ideado varias clases de agrupamientos de las partículas que lo componen; que se han llamado NUCLEONES, a saber: *protón, neutrón, antiprotón*.

65) Todo los modelos de núcleo pueden reducirse a dos clases: *conjuntivos* y *estructurales*. En los conjuntivos se supone que las fuerzas interiores del núcleo se entremezclan y sólo sirven para retener juntas las partículas del núcleo pero sin impedir su movimiento dentro de él, así como un gas frío contenido en un globo o como una gota de agua; en los estructurales los elementos se suponen en determinadas posiciones como las partículas de un cristal, en algunos de estos modelos las partículas pueden formar grupos definidos, con movimientos regulares.

66) La multiplicidad de los modelos de núcleos que se han imaginado indica que el problema de la constitución del núcleo está aun por resolver; para resolverlo se necesitarán muchas investigaciones, tanto experimentales como matemáticas.

67) En la entrega de SCIENTIFIC AMERICAN correspondiente al mes de julio de 1956, hay un artículo sobre diferentes modelos de núcleos, escrito por Robert Hofstadter, profesor de física de Stanford y profesor agregado en Princeton, encargado de construir el primer espectrómetro magnético para el acelerador lineal de Stanford. En ese artículo dice que la estructura del núcleo atómico, cuando se le examina con irradiaciones de electrones de alta energía, se caracteriza por un contorno como cubierto de borriлла y que la densidad decrece de adentro hacia afuera; agrega que individualmente cada protón tiene esa constitución. Pero también presenta OCHO dibujos de modelos nucleares; cinco de ellos con densidad decreciente del centro hacia la periferia, cada uno con diferentes gradaciones de densidad; los tres modelos restantes tienen, el uno densidad uniforme y periferia definida; el otro es también de densidad uniforme pero de dimensión puntual; el tercero es una capa esférica, cerrada, con densidad uniforme, y cuyas superficies de limitación son bien definidas tanto por dentro como por fuera. Menciona el núcleo de capas concéntricas, pero no especifica la distribución de los nucleones dentro de tales modelos; habla del denominado "gota de agua" o "gota esférica", en donde protones y neutrones están agrupados al modo de las moléculas de agua; en este modelo la densidad es uniforme y la superficie es definida; los núcleos de esta clase pueden ser distintos en tamaño pero la densidad debe ser siempre la misma.

68) En la entrega de enero de 1959 de la citada revista *Scientific American* escribe el físico Sr. Peierls* un interesante artículo sobre "El Núcleo Atómico" más ajustado a los recientes estudios; habla de lo necesario que son los modelos de Núcleos para el buen encaminamiento de las investigaciones y de las teorías, y al respecto consigna estas frases:

69) "La selección de un conveniente modelo no es cosa de rápida improvisación; no porque haya carencia

* R. E. PEIERLS es un Prof. de origen alemán; concurrió a los laboratorios de Niels Bohr; estudió con Pauli en Zurich; en Roma con Fermi y en Cambridge bajo la dirección de Dirac. Ha sido profesor en la U. de Birmingham. Trabajó dos años en los laboratorios de Los Alamos.

de ideas; en realidad el desconcierto actual se debe precisamente al exceso de modelos: cada uno tiene éxito en la explicación del comportamiento del núcleo en determinada situación, pero resulta en aparente contradicción con otro exitoso modelo o con nuestras ideas sobre las fuerzas nucleares”.

69A) Peierls comienza sus noticias exponiendo las ideas que hay sobre las fuerzas que deben existir dentro del núcleo para dar estabilidad a los electrones positivos que le componen, pues los positones deben repelerse entre sí. Estas fuerzas diferentes de las eléctricas de Coulomb y de las gravitacionales, se las designa con el nombre de *fuerzas nucleares*. Se supone que estas fuerzas que son coercitivas se producen entre los corpúsculos que se repelen cuando éstos se encuentran a distancias extremadamente cortas y por la consideración de los potenciales entre un electrón y un protón deducen que deben ser muy vigorosas. Empero hace notar que las experiencias de Rutherford para estudiar los núcleos sólo han puesto de manifiesto fuerzas eléctricas y también que hoy se sabe que las fuerzas nucleares entre dos partículas son casi despreciables si la distancia entre ellas es superior a 4 fermis, según dicen. (El fermi vale 10^{-13} cm.; un núcleo pesado tiene unos 15 fermis de diámetro).

70) La supuesta naturaleza de las fuerzas nucleares no ha permitido, a pesar de los experimentos, encontrar la ley que las rige expresable de modo fácil a la manera de la de la gravedad o la de las masas eléctricas. Se concibió esperanza de deducirla cuando se conocieron los trabajos del físico japonés Hideki Yukawa que demostraban que las fuerzas nucleares eran asimilables a una cierta forma de radiación capaz de transportar partículas; predicción que fue confirmada por el descubrimiento del MESON PI. Pero tampoco este adelanto permitió encontrar la definición matemática de tales fuerzas. (Ver §§ 57 a 62).

71) El modelo de “Gota Líquida” que considera Peierls explicaría la relativa lentitud que según las experiencias de Fermi presentan los neutrones exploradores al atravesar un núcleo y las resonancias que en éste se producen, pues si está densamente compuesto de partículas, podría explicarse la conducta del neutrón explorador comparándolo con una bola de golf al penetrar a un recinto lleno de bolas similares, las que le estorbarían el libre curso y a la vez recibirían impulsos y movimientos; pero como en el núcleo las partículas deben estar íntimamente juntas, hay que substituir las bolas de golf por moléculas como de agua y de ahí resulta el modelo de Bohr que a veces también es llamado “modelo de la gota líquida”.

72) Los físicos han vuelto a pensar que el modelo de capas o estratos, que aunque no satisface del todo, es el más apropiado y que quizá pueda recibir modificaciones que lo hagan correcto. Conviene pues dar a conocer cómo han sido ideadas las mencionadas capas: su aplicación, al principio se reducía a la configuración que debían formar los electrones periféricos; después se ha querido aceptarlas para la explicación del núcleo. (Ver §§ 62, 63 y 64).

73) Pauli descubrió el principio de exclusión que limita el número de electrones en una órbita. Todo se basa en considerar los corpúsculos eléctricos como puntuiformes, es decir en forma de gránulos pequeñísimos

que describen órbitas como los satélites planetarios. Según Pauli no puede haber en cada órbita sino determinado número de electrones cada uno con propiedades distintas de las de los otros; los que las tengan iguales deben estar en otra órbita y las órbitas de las mismas dimensiones han de tener diversas direcciones.

74) Los corpúsculos eléctricos del mismo signo deben repelerse. La repulsión de un electrón satélite cambia continuamente debido a su movilidad, entonces para estudiar su influencia repulsiva se supone que la electricidad del electrón está uniformemente repartida a lo largo de la órbita, lo cual se justifica por la supuesta velocidad del electrón y porque la repulsión alcanza a distancias desmesuradamente grandes en comparación con el diámetro de la órbita. Todas las órbitas del mismo tamaño, desalojadas unas de otras y con su electricidad distribuída, formarían una especie de concha o capa.

75) El mismo físico Bohr fue uno de los primeros en propugnar las capas, pues el Prof. Castelfranchi en su tratado de “Física Moderna” (edición castellana del año 32) dice, después de exponer ideas sobre *los estados estacionarios en todos los átomos*, que las consideraciones anteriores condujeron a Bohr a concebir los electrones periféricos del átomo como repartidos en estratos o niveles distintos; estos estratos, que en alemán se llaman *schalen* y en francés *couches*, fueron denominados también *anillos* cuando, al principio, Bohr supuso que los electrones externos se hallaban repartidos en órbitas circulares concéntricas. “Esta hipótesis se tuvo que rechazar en seguida, de modo que los dibujos de aquellas órbitas deben interpretarse como simples diagramas esquemáticos para ayudar la imaginación”. (Ver parágrafo 49).

76) El mismo autor al hablar de la formación de los estratos por la sucesiva adición de electrones, escribe: “Este problema ha sido abordado y resuelto por Fermi mediante un método estadístico, por el cual se tratan los electrones que circundan el núcleo como si fuesen una especie de atmósfera gaseosa para cuyo cálculo fuesen aplicables las consideraciones estadísticas”. (Ver § 63).

77) Los físicos experimentales en sus trabajos encuentran siempre que las cargas eléctricas procedentes del átomo están localizadas y no difusas, por lo cual se hace difícil abandonar el concepto del electrón puntuiforme. Al respecto Castelfranchi dice: “mientras se abandona el concepto de trayectoria del electrón de los viejos modelos atómicos, no se abandona el de electrón-punto, renunciándose solamente a localizarlo de una manera precisa en el espacio y en el tiempo, o sea a fijar sus coordenadas en función del tiempo”. Y más adelante agrega: “La nueva Mecánica (la Ondulatoria) no responde, pues, la pregunta de cómo se mueve una partícula, sino a la cuestión de la probabilidad de que una partícula esté en un punto o se dirija en una dirección establecida”. (Ver § 63).

78) El concepto, pues, sobre la forma de las capas del átomo es diverso: para unos es como una superficie de nivel que admite determinado número de corpúsculos eléctricos; para otros es una especie de niebla en cuyo ámbito debe encontrarse el electrón o los electrones que se mueven; para otros ya no son como estratos conti-

nuos, sino una especie de red esferoidal formada por aros de electricidad.

79) Esta última forma tiene su aplicación en el modelo reformado del núcleo denominado "modelo óptico". Este modelo tiene su imagen en una bola de cristal translúcido, no cristalino, pero considerando el carácter ondulatorio de los haces de protones exploradores, o sea considerándolos como rayos luminosos teniendo en cuenta para esto la onda acompañante de la *mecánica ondulatoria*.

80) El modelo óptico explica muchos de los comportamientos del átomo, especialmente la resonancia, pero es incompatible con el supuesto de las violentas fuerzas nucleares (las que unen las partículas que deberían rechazarse). Para encontrar solución a esto se volvió a recurrir al modelo de capas, pero hubo que escoger las capas de red que dejan intersticios que explican el paso de los neutrones.

81) Los anillos que formarían esta capa reticular estarían formados por protones unidos por las fuerzas nucleares y por protones pero obedeciendo al principio de exclusión de Pauli; por otra parte estos satélites nucleares giran alrededor de un centro que debe ser atractivo pero donde no debe haber otro núcleo, porque esto implicaría un círculo vicioso que quitaría fundamento a los raciocinios constructivos. Este centro atractivo podría imaginarse determinado por la mutua atracción de dos corpúsculos diametralmente opuestos, pero se tiene como cierto que los nucleones sólo se atraen cuando están íntimamente cercanos y entonces vuelve a presentarse el inconveniente de la obstrucción del paso de ciertos rayos de neutrones exploradores. Parece también que en nada influye la modificación de la atracción mutua de los corpúsculos diametralmente opuestos, debida a la diferencia o concordancia entre la dirección del *espín* y la dirección de la órbita.

82) El Sr. Peierls termina su artículo con frases como ésta: Un esquema como este (el óptico modificado) resulta de varios otros, en apariencia contradictorios, modelos de núcleo cuyas partes forman un conjunto coherente, cada una apropiada para responder a ciertos interrogantes relativos al comportamiento del núcleo. Pero hay problemas para los que todavía es necesario usar otros modelos, incluso el importante "Modelo Colectivo" desarrollado por Aage Bohr y B. Mottelson de Copenhague.

83) Para poder estudiar la constitución del átomo ha sido necesario sondearlo y aun romperlo; para estos experimentos se han usado, en los comienzos las partículas emanadas espontáneamente de los cuerpos radiactivos; más tarde se emplearon las diferentes partículas atómicas pero aceleradas artificialmente, principalmente los neutrones por ser independientes de la acción de los corpúsculos eléctricos. Para acelerar las partículas exploradoras se han construido aparatos especiales, algunos de ellos, casi todos, son de dimensiones extremadamente grandes; tales son el CICLOTRON, el BETA TRON, el SINCROTON que puede deshacer núcleos atómicos; hay otros aparatos como los aceleradores lineales que son de menor tamaño.

84) Todo lo que antecede pone de manifiesto que aun no se sabe a cabalidad cómo es el núcleo de los átomos.

85) NUEVO MODELO DE NUCLEO. En años pasados di a conocer un estudio propio sobre la constitución del átomo que incluye la manera de ser del núcleo; está publicado en el revista *Anales de Ingeniería*, entrega número 648, órgano de la Sociedad Colombiana de Ingenieros de Bogotá. El aparte correspondiente tiene el título de "distribución de los elementos del átomo y niveles de energía".

86) La distribución de elementos y niveles de energía en el átomo se basa en la hipótesis de que el átomo esté formado por condensadores esféricos concéntricos y que un electrón, ya sea positivo o negativo, pueda extenderse y cubrir totalmente una diminutísima esfera; el probable proceso de formación del átomo se amolda al principio de los cuantos de Planck. La idea de la distribución superficial de la electricidad se funda en el fenómeno de la distribución de la electricidad estática en las superficies de los condensadores fabricados por el hombre. También conviene admitir que cada capa elemental esférica corresponde a un cuanto de electricidad, o en otros términos, si un electrón ha procedido de un átomo ha sido el resultado de una capa elemental eléctrica que se ha desprendido y ha tomado una conformación puntual, como cuando se rompe una pompa de jabón y resulta una gotita de solución jabonosa. Sabiendo que los electrones tienen naturaleza ondulatoria, esta transformación es claramente aceptable. Erwin Schrödinger, premio Nobel de 1933, ha escrito: "Con rejillas de cristales (rejillas cristalinas) los físicos han difractado y medido las longitudes de onda de los electrones, neutrones y protones".

87) Se demuestra en electrotecnica que tomando igual a la unidad el coeficiente del poder inductor del dieléctrico, los potenciales en un condensador esférico tienen los siguientes valores:

en cualquier punto del espacio inferior .. $V = 4\pi\rho\eta$
 en un punto interior infinitamente vecino
 al dieléctrico $V_i = 2\pi\rho\eta$
 en un punto exterior infinitamente vecino
 al dieléctrico $V_e = 2\pi\rho\eta$

Fórmulas en donde ρ = densidad eléctrica superficial y η = separación de las dos capas eléctricas, prácticamente igual al espesor del dieléctrico.

88) Si se designa con e la carga de un corpúsculo eléctrico, la cual es constante según la teoría de Planck, buscando la densidad superficial para una esfera de radio interior r y sustituyendo este valor se encuentra:

$$V = \frac{ne}{2r^2} \text{ para la superficie esférica inmediata al dieléctrico, y}$$

$$P = \frac{r^2}{ne} = 2V \text{ para cualquier punto de la región central del condensador.}$$

El potencial eléctrico para un punto cualquiera del condensador y de sus capas eléctricas, será nulo.

89) En el caso de los condensadores elementales del átomo el dieléctrico debe ser el neutrón. Se puede suponer que el dieléctrico toma la forma de una esfera; en la superficie interior estará la electricidad positiva o sea un determinado conjunto de *positones* y en la superficie exterior estarán los *negatones*, cada uno formando una capa. Los potenciales de las capas eléctricas en su límite con el dieléctrico serán $V = ne/2r^2$, positivo

para la electricidad positiva y negativo para la otra; para el espacio del espesor del dieléctrico estos dos potenciales se compensan; por consiguiente si hubiere otro condensador esférico que envuelva al primero concéntricamente, tendrá potenciales respectivamente iguales a los del condensador interno, lo cual es indispensable para la estabilidad del conjunto. En consecuencia llamando $R_1, R_2, R_3 \dots R_x$ los sucesivos radios de las capas de electricidad del mismo nombre en cada condensador, se debe tener

$$V = \frac{K_1}{2R_1^2} ne = \frac{K_2}{2R_2^2} ne = \frac{K_3}{2R_3^2} ne = \dots = \frac{K_x}{2R_x^2} ne$$

Según el principio de Planck, los elementos n, e y el radio R son cuánticos, en consecuencia se puede escribir

$$R_1 = r, R_2 = 2r, R_3 = 3r, \text{ etc.}$$

pero este valor de r no es arbitrario, pues ha de satisfacer también a P cuando hay más de dos condensadores esféricos encerrado el uno dentro del otro; por consiguiente se debe escribir al sustituir el valor de las *erres mayúsculas* de los denominadores:

$$\frac{ne}{r^2} = \frac{K_1}{2r^2} ne = \frac{K_2}{2.2^2.r^2} ne = \dots \text{ de donde } ne = \frac{K_1}{2.1^2} ne = \frac{K_2}{2.2^2} ne = \frac{K_3}{2.3^2} ne = \dots$$

y en consecuencia se debe tener:

$$K_1 ne = 2.1^2.ne, K_2 ne = 2.2^2.ne, K_3 ne = 2.3^2.ne, \text{ etc.}$$

90) Si n , que es el grueso de los dieléctricos, es constante, quedaría como factor común y al eliminarlo se tendrían las ecuaciones correspondientes a las cargas eléctricas de cada superficie; en este caso hay que recordar que el número de cargas positivas es igual al de negativas.

91) Si en cierta región el número e es constante, entonces el número n de armaduras o de dieléctricos es el que cambia, o sea el de *neutrones*, y esto explica la presencia de los isótopos.

Así pues, las expresiones $K_1 = 2.1^2, K_2 = 2.2^2, K_3 = 2.3^2$, etc. dan el número de electrones en las capas 1, 2, 3, etc., tanto de los positivos como de los negativos. Los positivos quedan en la parte interior de cada condensador elemental.

92) Las diferentes regiones ocupadas por los electrones han sido designadas por los físicos con las letras K, L, M, N, O, P.

Para la región K resultan $2.1^2 = 2$ electrones

—	—	L	—	$2.2^2 = 8$	—
—	—	M	—	$2.3^2 = 18$	—
—	—	N	—	$2.4^2 = 32$	—
—	—	O	—	$2.5^2 = 50$	—

Etcétera.

93) Cuando sólo hay un condensador la capa exterior de electrones tiene la posibilidad de separarse del condensador lo que se traduce por un aumento en el espesor del dieléctrico y podría escribirse $ne/r^2 = K_1 2ne/2r^2$, o sea $e = K_1 e$ por consiguiente $K_1 = 1$. No habrá sino un electrón, formación que corresponde al hidrógeno.

94) En escritos anteriores se ha demostrado que los condensadores esféricos elementales, siempre que cada unidad de corpúsculo eléctrico los cubra uniformemente, cumplen, punto por punto, con las condiciones de las órbitas de Bohr: la luz y las rayas espectrales se explican por las vibraciones de las capas esféricas; los *SPINS* equivalen a las vibraciones esféricas con determinadas líneas nodales y tienen el mismo fundamento de los *campos magnéticos giratorios*. La invariabilidad del potencial en el interior de la esfera-condensador central permite explicar el fenómeno que en la teoría de las órbitas se denomina "arrastré del Núcleo".

95) Se demostró, pues, que el duplo de los cuadrados de los números consecutivos dan el número de electrones y por consiguiente el de positones, número que equivale al NUMERO ATOMICO el cual resulta igual al número de orden; pero entre esos duplos hay cuerpos intermedios cuyo número atómico varía de unidad en unidad, esto indica la adición concéntrica de un átomo de hidrógeno; los isótopos admitirían un dieléctrico sin carga lo cual constituye un neutrón.

96) EXPLICACION GRAFICA. Para explicar gráficamente la constitución del átomo según condensadores elementales y especialmente la del núcleo, conviene un resumen previo de lo expuesto anteriormente, así:

1	2	3	4	5	6	7	=	Números enteros
1	4	9	16	25	36	49	=	Cuadrados de los Números
2	8	18	32	50	72	98	=	Duplos de los cuadrados

ENERGIA DE LOS ESTRATOS K, L, M, etc. DIFERENCIAS DE POTENCIALES

Para K	$(2-0)/2 = 1$	$8 - 2 = 6$
— L	$(8-2)/2 = 3$	$18 - 8 = 10$
— M	$(18-8)/2 = 5$	$32 - 18 = 14$
Etc.		Etc.

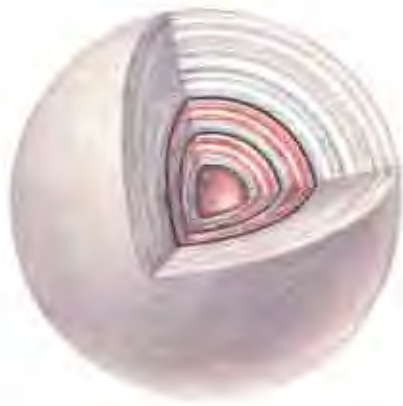
97) Se sabe que la suma de los números impares consecutivos es igual al cuadrado del número de sumandos; por consiguiente las cargas de cada condensador elemental se pueden expresar también de este modo:

Primer condensador el central, cada capa $2 = 2(0 + 1)$, electrones o positones.

Segundo envolvente, $2(1 + 3) = 2 + 6$, positones en lo cóncavo y electrones en lo convexo.

Tercer envolvente, $2(1 + 3 + 5) = 2 + 6 + 10$, idem. Cuarto envolvente, $2(1 + 3 + 5 + 7) = 2 + 6 + 10 + 14$; y así, de los demás.

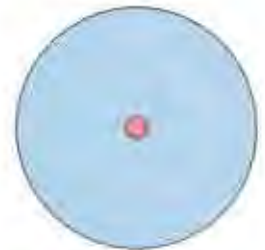
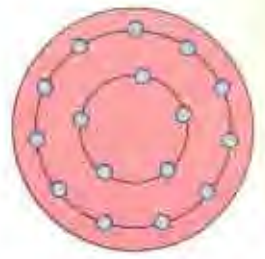
98) En la región central del átomo formado por envolventes condensadores esféricos concéntricos, habrá dos *positones* cada uno formando una capa esférica y ambas concéntricas; en ese espacio central no hay campo de fuerzas.



Leuzel



J. J. Thomson



Rutherford

Bohr

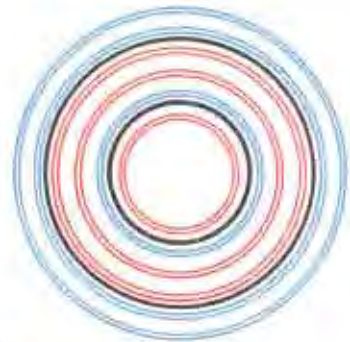
AZUL, electrones negativos
 ROJO, electrones positivos
 NEGRO, neutrones.



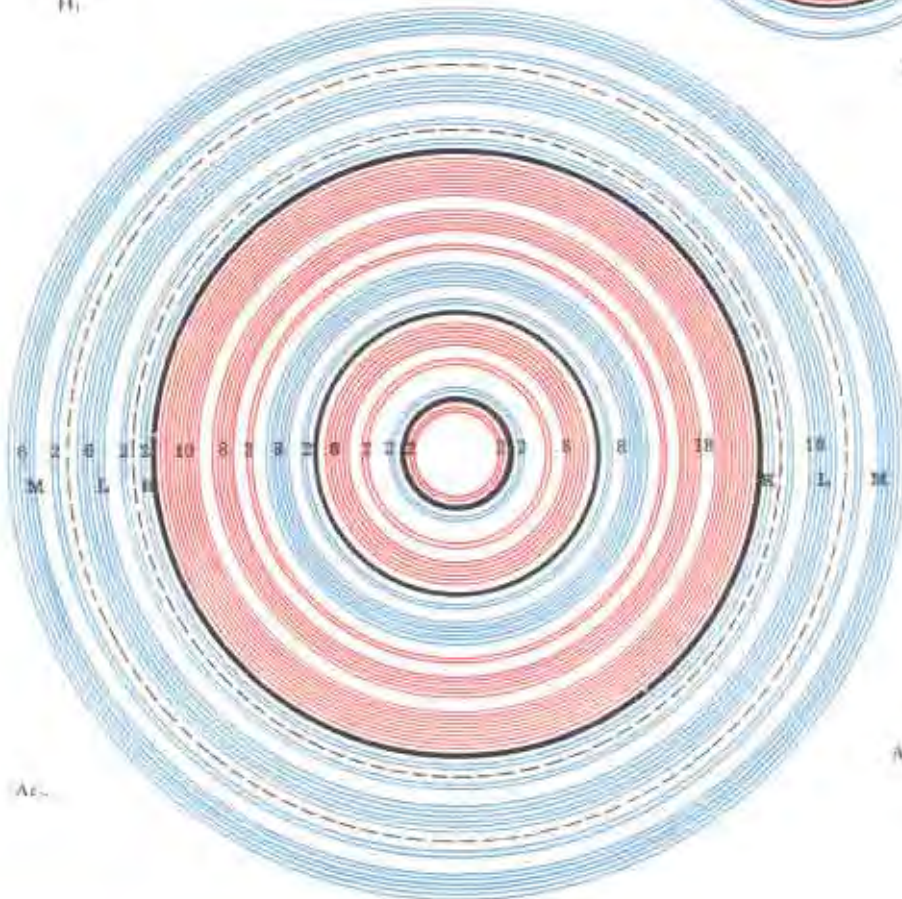
H₁



He₂



Be₄



Ar₁₈

Argón

105) El dieléctrico o neutrón con su carga adherida de dos positones da la imagen de los PROTONES.

106) Los rayos cósmicos dan la impresión de ser fragmentos de átomos y al estudiarlos se ha supuesto que son partes *integrantes del átomo*.

107) En lo dicho de la *constitución condensante* del átomo sólo se han tenido en cuenta aquellos cuyos electrones periféricos están dados por la fórmula del duplo del cuadrado de un número, pero entre $2N^2$ y $2(N+1)^2$ hay $4N+2$ números sucesivos que corresponden a otros tantos números atómicos y por consiguiente a los correspondientes átomos. Esto da a entender que para tales cuerpos hay un envolvente más con los electrones a propósito cuyo número puede modificarse por su distancia al dieléctrico respectivo. Los isótopos deberán admitir un neutrón más sin cargas eléctricas.

108) El Prof. Juan Thibaud en su libro "Vida y Transmutaciones de los Átomos" dice que la concepción teórica del núcleo tiende a descartar los electrones del interior del núcleo o que por lo menos jamás estarían allí en estado libre y que solamente se manifestarían en el momento de su expulsión bajo forma de rayos beta. También en el núcleo existen niveles de energía como dice el Prof. Castelfranchi citando las experiencias de Ellis y Skinner de Londres, entre las cuales menciona el hecho de que en ellas se originan los *rayos gamma* por la transición de un electrón de un nivel a otro. (Ver §§ 50 y 55).

109) RESUMEN. Los investigadores de la ciencia atómica han establecido de manera firme e inconfundible que el átomo está constituido por un *núcleo* que contiene positones; que ese núcleo está rodeado de negatones (electrones) en número igual al de positones del núcleo lo que da neutralidad eléctrica al conjunto; que el número de electrones periféricos es igual al número atómico y que están distribuidos en estratos; que los estratos están constituidos por substratos o capas; que en el núcleo además de positones hay neutrones; que el positón naturalmente unido al neutrón forma el protón; que los protones son emitidos por el átomo radiactivo por pares, fenómeno que se conoce con el nombre de *rayos alfa*.

110) Se ha hecho la suposición de que los neutrones entran en el átomo para completar el peso atómico respectivo sobre el concepto de que el peso atómico es igual al doble del número atómico más el número de neutrones suficiente, pero hasta ahora —a menos que yo lo ignore— no se ha establecido la ley a que este exceso obedece. Por otra parte en el modelo dado de núcleo atómico no entran estos neutrones compensadores sino únicamente en el caso de los isótopos. En estudios publicados hace ya años se estableció una fórmula que explica la procedencia del peso atómico y que da éste en función del número atómico; a continuación se expone.

111) Si se considera que el peso implica la formación de un campo de atracción en su alrededor entonces determinará una DIVERGENCIA, pero el número atómico o sea el número de orden, es independiente del espacio circundante y por consiguiente tiene DIVERGENCIA NULA. Según esto se pueden establecer dos ecuaciones así:

112) El peso implica la formación de un campo de atracción actuante alrededor uniformemente, esto determina una *divergencia* que puede expresarse por

$$\frac{\delta^2 P}{\delta q^2} = K$$

designando con P la manifestación de peso. El número atómico o sea le *número* de elementos que producen el peso es independiente del espacio que está fuera de ellos y por consiguiente su *divergencia* es nula y se tendrá

$$\frac{\delta^2 N}{\delta q^2} = 0$$

Integrando estas ecuaciones para eliminar q se halla una ecuación de esta forma

$$P = aN^2 + bN + c$$

El valor de los coeficientes a , b , c , depende de las unidades escogidas y del proceso de interacción y combinación de las masas de los elementos que componen el átomo. El resultado final da esta igualdad

$$P = 0.0055N^2 + 2.0919N - 1.0894$$

en donde P es el peso atómico, N el número atómico y los valores de a , b , y c , coeficientes numéricos que se obtuvieron del sistema de 3 ecuaciones, las correspondientes al hidrógeno, al oxígeno y al uranio; los dos primeras indispensables por haber sido escogidos esos elementos para definir las unidades.

113) Los resultados que se obtienen con esta ecuación son bastante satisfactorios, aunque se presentan algunas diferencias, que se explican por la presencia de los isótopos y la posible variabilidad de los potenciales de las capas electrónicas que forman el átomo, pues se sabe, según Einstein, que la masa es función de la energía. Para los átomos inestables como los artificiales es por tanto inaplicable.

114) Es menester tener en cuenta que para establecer esta teoría de los estratos esféricos *condensiformes*, se demostró previamente que los condensadores esféricos elementales equivalen punto por punto a las órbitas de Bohr; sobre esto hay dos estudios, uno publicado en la revista de la Academia de Ciencias Exactas de Bogotá y en el opúsculo titulado "*La Entidad de la Física*" (año de 1939) y otro en la *separata de Anales de Ingeniería* de mayo 31 de 1954. En cuanto a las propiedades espectrales de las órbitas de Bohr se ha hecho ver que hay propiedades de las capas esféricas eléctricas que producen los mismos efectos: a la hipótesis del "arrastre del núcleo" corresponde la invariabilidad del potencial que existe en el interior de la esfera-condensador central; lo que explican los *SPINS* se explica por vibraciones esféricas con determinadas líneas nodales; la equivalencia entre spins y vibraciones esféricas se funda en el mismo principio de los campos magnéticos giratorios. En los escritos citados pueden leerse las demostraciones de esto.

115) ATOMOS ARTIFICIALES. Los sabios e investigadores valiéndose de dispositivos y aparatos especiales construidos a propósito, pueden manejar los elemen-

tos del átomo de modo sorprendente y darles velocidades y energías verdaderamente grandes; encauzados esos elementos como chorros sutiles y poderosos, pueden dirigirlos como los bomberos sus potentes chorros de agua. Los sabios disgregan los átomos conocidos y libertan de este modo cantidades increíbles de energía; también pueden fusionar unos átomos con otros para formar nuevos átomos de masa menor que la suma de las masas de los componentes y dejar que la masa faltante se manifieste en forma de energía demoledora. También pueden agregar elementos constitutivos a determinados átomos y así formar sustancias nuevas; de este modo han fabricado átomos nuevos, de vida efímera eso sí, pero de pesos moleculares mayores de los de formación natural conocidos hasta 1914.

A continuación va la lista de esos átomos nuevos; hasta el año indicado se conocían 92 cuerpos simples hallados en la naturaleza que se numeraron de 1 a 92; esos números son los números atómicos y están relacionados sucesivamente con los pesos atómicos; el 92 es el uranio y su peso atómico es 238.

Los cuerpos nuevos artificiales son:

N = 93 Neptunio	P = 237	Del bombardeo de uranio con neutrones.
94 Plutonio	239	Del uranio por absorción de un neutrón.
95 Americio	241	Del plutonio bombardeado por uranio.
96 Curio	242	De bombardear uranio por plutonio.
97 Berquelio	243	Del americio irradiado con heliones.
98 Californio	244	Del bombardeo de curio con heliones.
99 Einstenio	247	Bombardeando uranio
	247	Bombardeando uranio 238 con nitrógeno.
100 Fermio	254	
101 Mendelivio	256	Bombardeando einstenio con partículas alfa.
102 Nobelio	?	Bombardeando curio con iones positivos.

El neptunio (93) fue dado a conocer en 1947 por el más famoso y uno de los primeros sabios que trabajaron en la síntesis de átomos nuevos, el Dr. Glenn T. Seaborg; en ese mismo año se encontró neptunio natural en el Congo Belga; es radiactivo y su vida se ha calculado en 2.250.000 años; se obtuvo bombardeando uranio con neutrones o por isótopos que emiten rayos beta.

El plutonio (94) fue importantísimo en la producción de la bomba atómica; resulta del uranio por la absorción de un neutrón.

El einstenio (99) se obtuvo en el Ciclotrón de Berkeley bombardeando el uranio 238 con átomos de nitrógeno. Intervinieron muchos experimentadores.

El nobelio (102) fue producido en el Instituto Nobel de Estocolmo bombardeando curio con iones de carga positiva acelerados por medio del ciclotrón; su duración no pasa de 12 minutos.

El berkelio (97) se obtuvo irradiando americio con heliones de gran energía acelerados en el ciclotrón.

El californio (98) resulta del bombardeo de curio con heliones de gran energía.

El mendelivio (101) proviene del bombardeo del einstenio con partículas alfa.

También se han obtenido isótopos de los átomos artificiales; así del einstenio se han producido hasta cuatro isótopos. Generalmente proceden del bombardeo con partículas alfa y con deutrones sobre los elementos sintéticos.

116) OTROS CUERPOS ARTIFICIALES. Hay otros cuerpos artificiales que se han considerado como átomos aunque no tienen los mismos elementos que caracterizan a los átomos naturales conocidos. Hasta hoy se conocen los dos siguientes:

117) El POSITRONIO es un átomo artificial formado por un electrón y un positón; procede de un átomo de hidrógeno cuyo protón ha sido reemplazado por un positón; su vida apenas alcanza a menos de DOS DECIMOS de UNA MILLONESIMA de segundo o sea 1.4×10^{-7} de segundo. Se resuelve en fotones.

El MESONICO es un átomo artificial logrado al sustituir en un átomo natural uno de sus electrones por un MESON. Estas experiencias fueron hechas con átomos de diversa naturaleza en el Instituto Carnegie de Tecnología, llevadas a cabo por los Profesores Martin, Mery Stearns, Larry Leipuner y Sergio Benedetti de cuyo escrito ha sido tomada la presente noticia. Los experimentos requirieron sincrociclotrón (synchrocyclotron) para producir proyecciones de mésones negativos y un instrumento en el cual son capturados los mésones por los átomos en observación; de esto resultan rayos-X, cuyas longitudes de onda se conocen mediante un dispositivo a propósito. El conocimiento de estas ondas permite analizar el efecto producido por el meson introducido en el átomo.

119) Estos experimentos con mesones se hicieron con el fin de averiguar la constitución de los núcleos; al hacer el análisis del experimento efectuado conforme a las teorías de Bohr hubo de suponerse que el meson entra a describir una de las órbitas de Bohr; entonces los radios de esas órbitas deben ser inversamente proporcionales al peso del meson; los rayos-X producidos dependen de esos radios y dan a conocer su valor. Para el hidrógeno los rayos-X resultaron muy blandos y no dan datos aceptables; en los átomos pesados se producen rayos-X más penetrantes, pero si se continúa en la hipótesis anotada para el radio de las órbitas, llega el caso de que el radio de una órbita del meson es menor que el radio del núcleo, como sucede con el plomo; los radios de núcleo y órbitas se calculan según las fórmulas dadas por las teorías aceptadas hasta hoy.

120) Pero como es evidente que el radio de la órbita no puede ser menor que el del núcleo, se trató entonces de dar solución al problema volviendo a la idea de cambiar la órbita por la probabilidad del lugar que ocupa el electrón satélite, lo que conduce a suponer éstos como una niebla que rodea el núcleo; y en el caso considerado habría de suponer también el núcleo como una niebla o sea como una probabilidad de que allí se encuentre el núcleo; pero admitir que el átomo es un conjunto de probabilidades no satisface al espíritu científico. (Ver §§ 40, 63).

121) Las experiencias citadas no aclararon nada con relación al núcleo, lo que quizá dependa de la manera de apreciar los radios y de la hipótesis orbital; pero de todos modos hay que tener en cuenta que tales fenómenos suceden en un centésimo de una millonésima de segundo. Las experiencias se hicieron hacia el año de 1950.

122) Aquí termina lo que en enero de 1959 conocía yo con respecto a la historia del átomo. Me complacería que este escrito suscitara un renovado interés por los estudios de la constitución del átomo y por su historia, principalmente los que se hayan adelantado entre nuestros compatriotas.

EQUIVALENCIA ENTRE LOS ELECTRONES SATELITES DE BOHR EN EL ATOMO Y LAS CAPAS ELECTRICAS QUE LO RODEAN

El Prof. Juan Thibaud ha publicado interesantes láminas referentes al análisis de los átomos, entre otras una titulada *Fenómenos de difracción producidos por los electrones*, y en su comentario dice: "Estos magníficos fenómenos, absolutamente comparables a los que se obtienen con los rayos X, revelan la naturaleza ondulatoria de los electrones". También han sido estudiados estos fenómenos de difracción por G. P. Thomson, por Kikuchi en el Japón y por varios otros físicos.

Con fundamento en la naturaleza ondulatoria de los electrones es posible imaginarlos como una capa esférica de electricidad, o periferia esférica, puesto que hay ondas estacionarias esféricas cuyas ecuaciones se conocen.

También se sabe que a la electricidad de un signo corresponde indistintamente igual cantidad de electricidad de signo contrario.

Imaginemos pues, una especie de condensador esférico y cerrado; sea e la cantidad de electricidad exterior difundida en toda la superficie; esta cantidad debe estar acorde con el principio de Planck, esto es: debe ser igual y definida cada vez que se presente.

Pueden considerarse capas de éstas concéntricas asimilándolas a capas de ondas esféricas estacionarias con el mismo centro.

Una de las ecuaciones más conocidas de onda estacionaria es

$$s = 2A \cos kx \cos kct$$

con $k = 2\pi/\lambda$, $\lambda =$ longitud de onda, $c =$ velocidad de propagación, $t =$ transcurso de tiempo, $x =$ camino recorrido. En la onda estacionaria se debe tener

$$x = ct = n\lambda$$

siendo n un número entero que dará el número de ondas estacionarias. Sustituyendo esto valores se encuentra

$$s = 2A \cos^2 \pi n$$

Como A es la amplitud, la onda estacionaria tendrá su radio igual a A

$$r = A$$

Siendo n un número entero, $\cos^2 2\pi n = 1$ y resulta

$$s = 2A = 2r$$

Por otra parte se tiene que de la ecuación general de la propagación ondulatoria dedujo Schrödinger la ecuación de una onda independiente del tiempo, la de la llamada onda acompañante u onda de Broglie-Schrödinger, que es esta:

$$\Delta^2 s = \frac{-8\pi^2 m(E-V)}{n^2 h^2} s$$

en la cual

$m =$ masa del corpúsculo en movimiento

$n =$ número entero

$h =$ constante de Planck

$s =$ función de onda

$(E-V) =$ energía cinética

Conviene ahora buscar la función de distancia representada por $\Delta^2 s$, para el caso que nos ocupa, o sea con r omnidireccional por ser la onda esférica; entonces es necesario considerar a r en esta forma

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Se tiene pues $s = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ de lo cual resulta

$$\Delta^2 s = \frac{\delta^2 s}{\delta r^2} = \frac{2}{r}$$

Ahora búsquese el valor de la energía cinética $(E-V)$ en función de la energía potencial entre las capas eléctricas: se sabe que la acción de una esfera eléctrica es computable como si toda su carga eléctrica estuviera concentrada en el centro; el radio exterior de la capa eléctrica periférica ya se sabe que es r ; sobre la esfera de ese radio obran los potenciales debidos a una y otra carga, a saber

$$\frac{-e}{r}, \frac{e}{r} \text{ y la acción mutua será } F = \frac{-e^2}{r^2}$$

y en consecuencia el potencial del conjunto será $\frac{e^2}{r}$ que es potencial de posición.

Análogamente, si hubiera en el interior N capas o sea N cargas y si en la periferia se considerara una sola capa e , se encontraría que la energía potencial es $\frac{Ne^2}{r}$

Para el caso de las órbitas de Bohr es aplicable la relación entre energía cinética y energía potencial propia de las órbitas de Kepler que dice "la energía cinética media es igual a la mitad de la energía potencial con signo contrario"; en consecuencia se tiene

$$(E-V) = \frac{-Ne^2}{2r}$$

Se han deducido, pues, estas tres igualdades:

$$s = 2r, \Delta^2 s = \frac{2}{r}, (E-V) = \frac{-Ne^2}{2r}$$

cuyos valores sustituidos en la ecuación de Schrödinger dan lo siguiente:

$$\frac{2}{r} = \frac{-8\pi^2 m}{n^2 h^2} \cdot \frac{-Ne^2}{2r} \cdot 2r \therefore \frac{1}{r} = \frac{4\pi^2 m Ne^2}{n^2 h^2}$$

Invirtiéndose se encuentra

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m Ne^2}$$

que es exactamente el radio fundamental de las órbitas de Bohr.

La capa esférica eléctrica es susceptible de comportarse como esfera vibrante, lo que daría fundamento a los fenómenos luminosos y otros.

Un círculo máximo nodal que divida la esfera en dos hemisferios vibrantes produce los mismos efectos de los DOS SPINES localizados en los dos electrones satélites de la misma órbita.

En otros escritos se ha demostrado que esta esfera ondulatoria permite explicar también el fenómeno conocido con el nombre de *arrastré del núcleo*.

La capa eléctrica al separarse del átomo debe presentarse necesariamente con el aspecto de un corpúsculo.

Las capas eléctricas constituidas a modo de condensadores esféricos cerrados permiten explicar la constitución del núcleo.

D. R. M.