

✓  
**AMOS SABRAS GURREA**  
Catedrático de la Facultad de Ciencias Exactas

## La arquitectura del átomo



BIBLIOTECA DE LA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SANTO DOMINGO  
SANTO DOMINGO, D. N.  
CANJE



# LA ARQUITECTURA DEL ATOMO

UNIVERSIDAD DE SANTO DOMINGO



1a. edición

1946

---

POL HERMANOS • ARZOBISPO MERIÑO • CIUDAD TRUJILLO

811  
520.4  
5118a  
e.2

**Lo discreto y lo continuo:**— Todo aquel que trate de los principios de la Física del átomo, no puede substraerse al iniciar su labor, del deber de rendir el merecido homenaje de admiración al Pensamiento ultra penetrante de la inmortal Grecia. Por aplicación del sexto sentido, "La Razón", apreciaron los griegos la realidad de la existencia del átomo, que los sentidos corporales no lo podían acusar directamente.

La causa de esta invisibilidad no es hoy perfectamente conocida, puesto que ningún cuerpo se puede ver si su longitud es inferior a la de las ondas de las radiaciones de la luz visible, cuyo valor mínimo es 3900 anstrongs, y el átomo tiene un diámetro igual a una de estas unidades, así llamadas en memoria del gran físico sueco. Su símbolo  $A^\circ$  representa  $10^{-7}$  m. m. Es decir, en un milímetro se pueden alinear 10 millones de átomos.

La lógica tuvo que conducir a los "eleatas" de la Escuela que fundara Parménides (504 antes de J. C.), que negaban la existencia del vacío, de un espacio sin materia o sea de la nada, a admitir el átomo (a=no; tomo=corte) como último límite de la división de la materia. Partiendo de este supuesto es impresionante la argumentación del genial Zenón de Elea cuando dice: "si el ser es divisible en cualquier número de partes, el uno deja de existir, y si deja de existir lo uno, deja asimismo lo múltiple, quedando todo reducido al vacío".

Consecuente con su concepción del átomo integra-

017516.



do por materia y vacío Leucipo de Mileto fundador de la Escuela atomista, admitía que "lo que no es materia, como vacío, también puede tener realidad o existir". Para Leucipo, Demócrito Empédocles y demás miembros de la Escuela Atomista, el mundo lo formaban dos elementos: lo lleno y lo vacío, o sea, el ser y el no-ser.

Frente a esta concepción de la materia, se encuentra la Escuela del genial filósofo Jonio, Heráclito de Efe-so, contemporáneo de Parménides, quien sostenía que en la naturaleza todo es mudable, estando sujeto a un flujo de sus componentes, agregando: "la fijeza de las cosas es una apariencia engañosa de nuestros sentidos".

A esta antinomia entre lo discreto y lo continuo, debe la investigación de la verdad, sus más sorprendentes conquistas, destacándose el progreso de las Matemáticas, reina de todas las ciencias. Y es que la verdad no es patrimonio absoluto de nadie y en el mismo átomo "universo en minatura" se encuentran representantes discretos en los granos de materia y energía, valuados estos últimos en "cuantos de Plank" y de lo continuo en las órbitas que describen sus electrones.

Ahora bien, lo que se deduce de la oposición de pensamientos es una resultante de elevación, de superación del mismo, que alcanzando más amplios horizontes, descubre nuevas verdades en el campo científico. Este es el caso del gran problema de la naturaleza de la luz, con sus dos teorías; la corpuscular y la ondulatoria, que han dado nacimiento en 1924, a la tesis doctoral del físico francés Luis Broglie, con la que superó la antinomia ondas-corpúsculos, estableciendo la mecánica ondulatoria, notable teoría común para la óptica, electricidad y mecánica.

**El átomo, su renacimiento y sus Magos.**— El átomo, este invisible y todopoderoso gobernante de la nueva era, estuvo soterrado por los siglos de obscurantismo y solamente visitado y reclamada su presencia en



el medievo, por la vieja y hechicera Alquimia, hasta que la joven Química, la reemplazó como Ciencia de extraordinario porvenir y belleza para el bien de la humanidad, en 1808, al aparecer la obra del químico Dalton de la Escuela de Manchester titulada "New System o Chemical Philosophy". Alrededor de esta época hacen aparición dos de los magos que han descubierto los elementos químicos o átomos: la corriente eléctrica (Volta-20-III-1800) y el Análisis espectral (1814) y más tarde al final del siglo, se presenta el tercer mago provisto de poderosísimas radiaciones, cuyos rayos provienen de los rayos X de Röntgen (1815) y de los producidos por la desintegración del átomo de las sustancias radioactivas (Becquerel hijo, 1896). Si los dos primeros pusieron ante Dimitri Mendelef, catedrático en 1869 de la Universidad de S. Petesburgo, la mayor parte de los 63 átomos hasta entonces conocidos, que él supo ordenar con otros por conocer, estableciendo su célebre ley de periodicidad que dice: "Las propiedades de los elementos químicos y de sus compuestos, son función periódica de sus pesos atómicos", fué el último mago el que rompió el misterio de lo que era el átomo, al lanzar éste, partículas constitutivas y permitir que los tres aunasen sus esfuerzos, para manifestarnos su construcción, su arquitectura, naciendo con el siglo XX, una nueva Física, la del átomo, que absorbe y con sobrada razón la atención de la humanidad, puesto que en el desentrañamiento de algunos de sus misterios, va envuelto el del Cosmos y la transformación más radical conocida hasta el día, de la vida en nuestro planeta.

**El descubrimiento del primer componente del átomo.— El electrón.** La corriente eléctrica en su paso por un medio líquido o gaseoso nos manifiesta que la materia es de naturaleza eléctrica.

Si nos circunscribimos a la aplicación en los dos terminales de un tubo de vacío, de un voltage suficien-

temente alto, observamos el rayo de luz azulada manifestación visual de un flujo que se establece desde el polo negativo (cátodo), al positivo (ánodo).

Este sentido de la corriente, lo puede poner en evidencia la sombra proyectada por una pequeña pantalla interpuesta dentro del tubo, entre los polos y si en lugar de una pantalla colocamos el pequeño dispositivo de aspas de un molino de viento nos cercioraríamos al ver girar dichas aspas, que el flujo lo constituía una corriente de minúsculos corpúsculos de masa definida, que en sucesión ininterrumpida chocaban contra ellas, animados de una energía o carga eléctrica. Estos corpúsculos son los electrones y su carga negativa, la pone de manifiesto la desviación que sufre el flujo por la acción de un imán: Fue J. J. Thomson el que hacia 1900 puso en conocimiento del mundo científico, la presencia del electrón que posee una masa tan pequeña, que su peso  $.9,1066 \times 10^{-28}$  gr. representa menos con relación al gramo, que el de éste, con respecto al del globo terráqueo ( $5,98.10^{21}$  toneladas métricas).

La historia de las investigaciones de la carga eléctrica del electrón nos alejaría con exceso de nuestro objeto, por lo cual solo diremos, que el físico Townsed al acometer esta empresa, trató de hallar un valor estadístico, un valor medio, partiendo del hecho de que los gases desprendidos en los electrodos de las cubetas electrolíticas, contienen frecuentemente una carga eléctrica, debido a la ionización de algunas moléculas que provocan entonces una condensación sobre ellas de vapor de agua, que constituyen pequeñas nubes.

Es natural después de informarse del método seguido por Towsend y sus compañeros de la Escuela de Cambridge que el físico inglés C. T. R. Wilson en sus estudios con el aparato que conocemos con el nombre de cámara de expansión de Wilson, para el estudio de nubes y nieblas, descubriese el sorprendente hecho de la formación de gotículas que tienen como núcleos

de precipitación iones provenientes de acciones de radiaciones de diferentes naturaleza, sobre los átomos. La reunión de éstas gotículas con sus cargas eléctricas producen en el cristal que cubre esta cámara, una estela que se puede fotografiar visualizando en este instante las huellas en las sendas seguidas por entes ultramicroscópicos integrantes del átomo, de aquí, la fundamental importancia de este aparato en las investigaciones de la física del Atomo.

Su descripción esquemática es bien simple, (Fig. 1), se reduce a una cámara cilíndrica de poca altura, cubierta por un vidrio, que contiene vapor de agua o de alcohol. Este depósito está conectado con una bomba o pistón que permite que la presión del vapor, pueda, rápidamente reducirse, con lo que se provoca como en la atmósfera, una baja de presión que hace que el vapor no visible se condense y precipite en gotas.

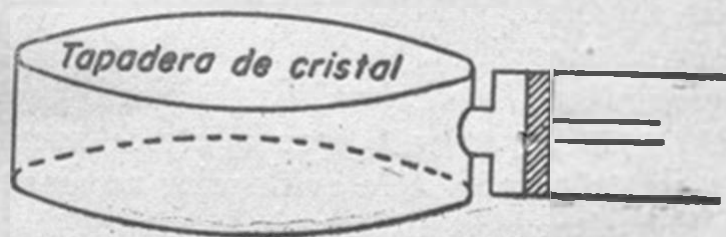


Fig. 1

Por medio de este aparato Mellikan modificó el procedimiento de Townsend, fundándolo en la valoración individual de la carga de una gotícula.

Los laboriosos trabajos de Mellikan fueron coronados por el éxito concediéndosele el premio Nobel. A este físico se le debe entre otras importantes conclusiones, la de la constancia de la carga eléctrica negativa del electrón, valorada en  $4,80 \cdot 10^{-10}$  coulombios electrostáticos. Esta unidad es la carga de electricidad que situada a 1 cm. de distancia de otra de igual magnitud y signo la repelería con la fuerza de 1 dina.

Una partícula de masa  $9,04 \cdot 10^{-28}$  gr. con la carga eléctrica negativa que acabamos de indicar se deno-

mina **electrón**. Su diámetro aproximadamente es de  $10^{-13}$  cm.

De acuerdo con los principios de la relatividad, la masa de un cuerpo es función de su velocidad y la ecuación que enlaza  $m_c$  (masa en movimiento)  $m_o$ . masa en reposo  $c$  (velocidad de la luz) y ( $v$  velocidad de la masa) tiene por expresión

$$m_c = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

por lo que la masa del electrón aumentará con su velocidad, llegando a ser infinita cuando su velocidad sea la de la luz, es decir para  $c = v$ .

**El descubrimiento del Protón.** Siendo la materia en general, eléctricamente neutra, la producción de electrones, cargas eléctricas negativas tiene que dejar sin equilibrar el mismo número de masas con **cargas positivas** de igual magnitud.

A esas masas las designó Rutherford, **protones**. El mismo tubo de rayos catódicos que nos manifiesta la corriente electrónica, puede evidenciar mediante la perforación del cátodo y su apropiado dispositivo tubular al vacío la producción de los **rayos canales** que un imán desvía, demostrando que estos rayos están constituidos por partículas densas cargadas de electricidad positiva, animadas de una velocidad muy inferior a la de los electrones.

Su masa  $1,68 \cdot 10^{-24}$  es 1838 veces la del electrón y su diámetro mil veces menor, luego su densidad es del orden de un billón de veces la del electrón. Esta densidad del protón impondrá que el peso del átomo, lo rija el protón y nos llevara a saber que un milímetro cúbico de protones de plomo pesaría ¡¡¡80 mil toneladas!!!

**El átomo Rutherford.— El átomo de Hidrógeno.—** La química nos enseña que el átomo de menor peso es

el del hidrógeno, teniendo una masa casi igual a la del protón. Luego lo forman un electrón y un protón. De esta base partió Rutherford para recoger en un boceto inicial sobre la arquitectura del átomo, el cúmulo de sus interesantísimos descubrimientos obtenidos en su gran mayoría por intermedio del Mago de las radiaciones, rayos X, rayos "alfa", rayos "beta" y rayos "gamma" que son los primeros que Röntgen y la desintegración natural de las sustancias radioactivas pusieron a su disposición. Ellos fueron los proyectiles con los que se bombardeó el átomo, y la cámara de Wilson, uno de los aparatos registradores de sus efectos. Por ella y otros experimentos supo Rutherford que en los átomos predomina el vacío pudiendo los rayos "alfa", recorrer dentro del aire hasta 7 cm. sin que desvíe su curso el encuentro con un elemento de los que forman un átomo. Estas mismas radiaciones que en el vacío alcanza la velocidad de  $30 \cdot 10^8$  Km. — Seg.

Todo lo investigado por Rutherford le condujo al conocimiento de que "el átomo es un complejo de cargas eléctricas, positivas o protones y negativas o electrones, estando concentradas las cargas positivas en un recinto central o núcleo que ocupa una extensión insignificante con respecto al átomo".

Según Rutherford el volumen del núcleo del átomo de oro, es aproximadamente  $10^{-15}$  del mismo. Este núcleo será al átomo, lo que un rescaciolo cúbico de 103 m. de lado es con respecto a la Tierra.

Fijada la atención sobre el átomo de hidrógeno se observa que aun siendo eléctricamente neutro, podemos excitarlo por un medio que haga que su electrón se separe del protón y hasta llegue a independizarse, lo que indujo a Rutherford a establecer el giro del electrón alrededor del núcleo, (fig. 2) lo cual supone un equilibrio de fuerzas entre la centrípeta que regula la ley de Coulomb, caso particular de la ley de la atracción universal que nos dice: "Las cargas eléctricas de

nombre contrario se atraen y del mismo nombre se repelen, con una fuerza, que es proporcional al producto de sus cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia" y la centrífuga que crea la velocidad orbitaria del electrón. La velocidad del electrón del átomo de hidrógeno es de unos 6500 Km. - seg.

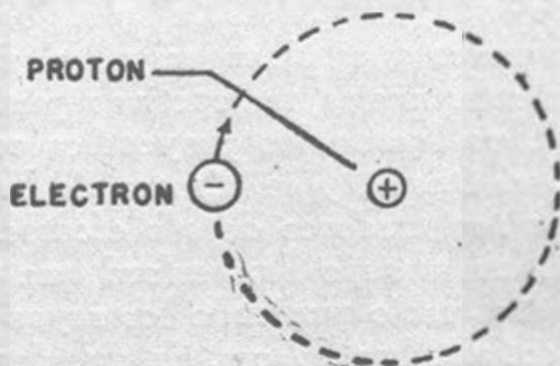


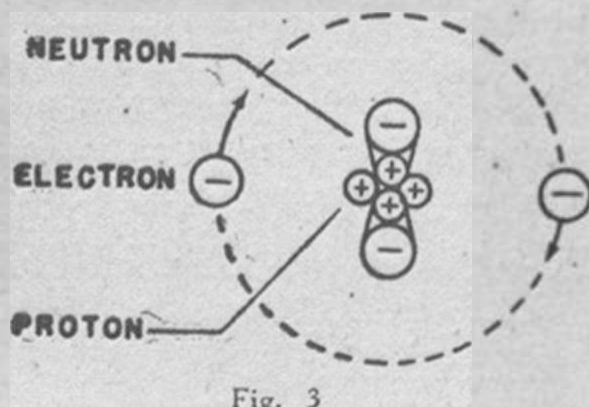
Fig. 2

Las dos objeciones más importantes, que se hicieron a este concepto son: 1º la infinidad de radios de las órbitas del electrón y de las velocidades que requieren necesaria compensación entre las fuerzas equilibradas. 2º que el electrón orbitario, tiene que gastar energía en su movimiento y por consiguiente reducir continuamente su distancia al núcleo hasta tener que confundirse con él.

**El átomo de Helio.**— En la tabla de los 92 elementos que se conocían en 1944 (hoy seguramente ampliada) figura en segundo lugar el Helio (fig 3) que pesa aproximadamente cuatro veces lo que el átomo de hidrógeno.

Rutherford halló en él dos electrones orbitarios, que equilibran a dos protones nucleares, pero como su peso atómico como hemos dicho es 4, ello exigía la presencia de otros dos protones neutralizados con sus correspondientes electrones en el núcleo lo que impulsó a Rutherford la admisión de unos elementos nucleares Protón-neutrón, que más tarde en el fe-

liz año para la atomística de 1932, Chadwick descubrió como un nuevo elemento del átomo que designó con el nombre de **Neutrón**, de masa aproximadamente la del átomo de hidrógeno, carga neutra y del cual sus ra-



yos tienen un gran poder penetrante, como lo demuestra la perforación de una plancha de plomo de un decímetro de espesor, por los neutrones desprendidos, del beryllium. Es a partir del 1932 en el que se descubre el Neutrón y el fugaz positón por Anderson, cuando podemos asignar como fundamentales partículas del átomo y por consiguiente de la materia, al **Electron**, **Protón** y **Neutrón**. La cámara de Wilson ha puesto también de manifiesto, la partícula "Mesotrón" ya positiva, ya negativa de efímera existencia y la desintegración de algunas sustancias radioactivas nos muestran al computar la energía emitida que no corresponde a la masa perdida, que debe existir un elemento sin carga, al que se le ha dado el nombre de "Neutrino" en espera del día que se le conozca.

**Las radiaciones: el átomo y la energía.**— La materia, compuesta por átomos está bañada como dice Thibaud por las radiaciones, visibles e invisibles, unas y otras manifestadas en espectros que nos descubren por sus rayos, las íntimas alteraciones de la vida de los invisibles átomos. Es interesante la hipótesis del físico H. A. Lorentz que atribuye al electrón, corpúsculo eléctrico, el esencial papel de originador de las radiaciones

de la materia, por la oscilación que provoca en él, toda alteración en su normal posición de equilibrio. Lorentz supone, que el desplazamiento alternativo de esta pequeña carga eléctrica, es la que produce la onda luminosa que se propaga por ondulaciones transversales que las caracteriza su longitud de onda. Estas radiaciones electro-magnéticas de mayor a menos valor de " $\lambda$ " ( $\lambda$  lambda) <sup>(1)</sup> se denominan radiaciones, de radio, caloríficas, luminosas, rayos X, rayos "gamma" y rayos cósmicos. (fig. 4) Todas las radiaciones se propagan en el vacío con igual velocidad que designaremos por " $c$ " y cuyo valor en cm. obtenido por Michelson en 1926, tiene por expresión:

$$c = 2,99796 \cdot 10^{-10} \text{ cm. seg.}^{-1}$$

Si por " $v$ " designamos número de ondas u oscilaciones por segundo cuya longitud es " $\lambda$ " ( $\lambda$ ) y por " $t$ " el período o sea el tiempo en segundos que se emplea en cada onda, serán evidentes las relaciones entre

$\lambda$ ;  $v$   $\lambda^s$  y  $t$  puesto que  $\frac{\lambda s}{t} = v$  resultará que:

$$c = v \lambda = \frac{\lambda}{t}$$

El valor de " $c$ " que se emplea en la práctica en Km/seg. es  $3 \cdot 10^{-5}$  Km/seg. que en anstrongs sería  $3 \cdot 10^{18}$  Å por seg.

**Representación esquemática del espectro de radiaciones.**— La sección de ondas de los visibles es muy corta y las ondas cósmicas descubiertas en 1910 producen radiaciones ultra penetrantes; las más duras que se conocen, que atraviesan grandes espesores de agua, llegando a percibirse hasta donde todas las demás ya han sido absorbidas. Su longitud, es inferior a  $10^{-12}$  mm. y su nombre lo han recibido de las zonas del espacio en donde se supone que se originan.

**Poder emisor y Poder absorbente.**— La energía que emite un cuerpo depende de dos magnitudes, de la



longitud "l" de la onda que caracteriza su radiación y de la temperatura "T" absoluta o sea de la que tiene como origen— $273^{\circ}$  centigrados. Esta función  $E(l, T)$  se llama **poder emisor**. Cuando por ejemplo un gas, está emitiendo una determinada radiación, si un haz

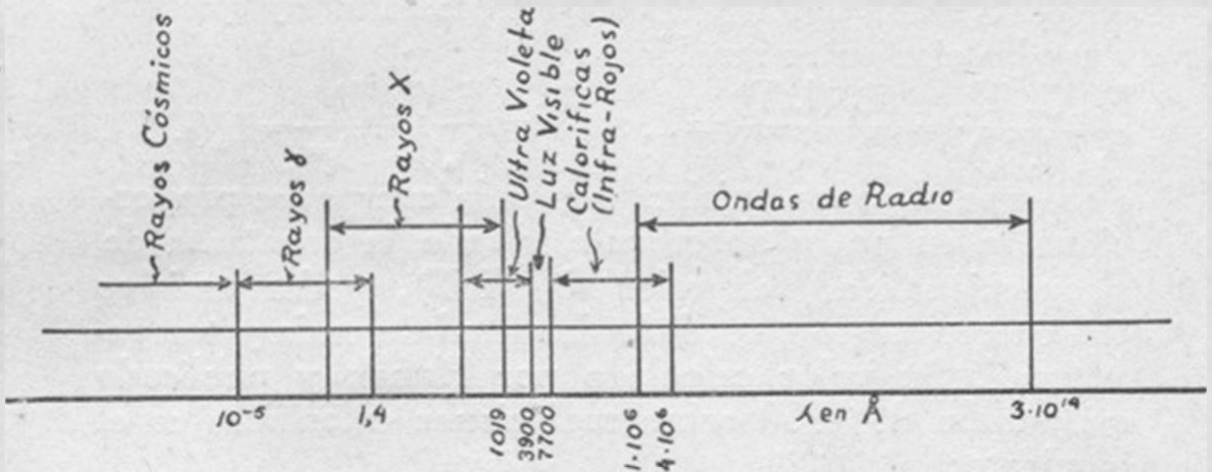


Fig. 4

de las mismas lo hacemos atravesar un medio que las disperse, obtenemos sobre una pantalla lo que conocemos con el nombre de **espectro de emisi6n**. Por medio de este espectro se puede reconocer el gas que lo produjo. Est6 comprobado, que una radiaci6n al incidir sobre un cuerpo, puede una parte ser reflejada, otra atravesarlo y otra ser absorbida. Los cuerpos que absorben una radiaci6n se denominan **cuerpos negros**, porque si se trata de una radiaci6n de luz visible, no reflejar6 la que se necesitar6 para verlo. Definimos el **poder absorbente** de un cuerpo para una longitud de onda "l" y una temperatura T, como la raz6n entre la radiaci6n absorbida y la incidente o sea la medida de la primera, con la segunda como unidad. Si esta raz6n es igual a 1 evidentemente se tratar6 del **cuerpo negro**. El poder absorbente es tambi6n funci6n de "l" y T y se designa por A ("l", T). Un gas al recibir radiaciones de distinta longitud de onda, absorbe aquellas que emitir6a, produci6ndose de esta manera los espectros de absorci6n que nos descubren tambi6n por las radiaciones

que vemos que ha absorbido, la naturaleza del gas.

Si por  $E_1(l, T)$ ;  $E_2(l, T)$   $E_0(l, T)$  designamos los poderes emisivos de los cuerpos  $C_1$   $C_2$  ...  $C_0$ ; y por  $A_1(l, T)$ ;  $A_2(l, T)$  ...  $A_0(l, T)$ , sus poderes absorbentes, para valores fijos de  $l$  y  $T$  siendo  $C_0$  el cuerpo negro o sea  $A_0(l, T) = 1$ . Kirchhoff estableció la ley que traduce las siguientes igualdades

$$\frac{E_1(l, T)}{A_1(l, T)} = \frac{E_2(l, T)}{A_2(l, T)} = \dots = \frac{E_0(l, T)}{A_0(l, T) = 1} = E_0(l, T),$$

o sea que el poder emisivo para cada cuerpo, es proporcional a su poder absorbente, siendo la constante de proporcionalidad, el valor  $E_0(l, T)$ , poder emisivo del cuerpo negro para dicha longitud de onda y temperatura". Su valor calculado por Planck y publicado su estudio de 1900 sobre radiaciones caloríficas es el siguiente:

$$\boxed{1} \quad E_0(l, T) = \frac{h c^2}{15} \frac{1}{e^{\frac{N}{R} \frac{ch}{lT}} - 1}$$

en la que "h" "c" "N" "R" y "e" son constantes que conocemos respectivamente con los nombres de constante Planck, velocidad de la luz, número de Avogadro, constante universal de los gases y base de los logaritmos neperianos. Esta fórmula es de **capital importancia** en la Física moderna.

De estas constantes vamos a fijar nuestra atención especialmente en "h", constante de Planck o **quantum de acción**, que expresa la cantidad mínima de energía que puede ser absorbida o emitida. Sobre esta base la energía cambia su tradicional carácter de continuidad, para adquirir el de una naturaleza discreta que se cuenta por múltiplos de "h".

Su valor en ergios o en voltios por segundo es:

$$h = 6,55 \cdot 10^{-27} \text{ erg/seg} = 4,12 \cdot 10^{-15} \text{ volt/seg.}$$

Se debe a Stefan y Boltzman el cálculo de la total energía  $E_0$ , para una cierta temperatura  $T$  del cuerpo negro o sea variando "l" de cero a  $\infty$ . Este valor es

$$E_0 = h \cdot T^4; k = 5,71 \cdot 10^{-5} \text{ en ergios}$$

que dice "que la energía emitida por un cuerpo negro es proporcional a la "cuarta potencia" de la temperatura absoluta. A casi el mismo resultando se llega integrando la fórmula (1) de Planck y sustituyendo las constantes por sus valores numéricos.

De la función  $E_0(T)$  de "l., supuesta T constante halló Wien el valor  $l_m$  en cm. que la hace máxima. Estos valores para cada uno de T (en grados absolutos) verifican la relación  $l_m T = 0,294$  igual constante, por lo que  $l_m$  y T son inversamente proporcionales, de aquí que a una temperatura "T<sub>1</sub>" mitad de "T<sub>2</sub>" corresponda una intensidad máxima de la radiación emitida de longitud  $l_1$  m de onda, doble de  $l_2$  m, lo que se traduce en un corrimiento hacia la zona roja de espectro y recíprocamente cuando la temperatura desciende o se eleva. A este fenómeno que regula la fórmula Wien debe esta ley el nombre de ley del corrimiento.

**La longitud de onda y la energía.**— La energía la emiten o absorben los cuerpos por múltiplos de "h", constante de Planck. El "quantum" o cantidad mínima de energía que absorbe o emite una radiación de frecuencia "v" es "hv" y la de su energía en general, será un múltiplo de su "cuanto".

Si por E designamos la energía del "cuanto" correspondiente a la frecuencia

$$v = \frac{c}{l} \text{ tendremos; } E = hv = \frac{hc}{l}$$

o sea  $El = hc = \text{constante}$ , pues el segundo miembro es el producto de dos constantes por tanto E y l son inversamente proporcionales.

Expresada c en Å cuyo valor es  $2.99798 \cdot 10^{18}$  y "h" en voltios segundos,  $4,12 \cdot 10^{-15}$  resulta:

$$E \text{ (voltios)} \cdot l \text{ (Å)} = 1230$$

que nos resolverá los problemas de conocidas la energía, de una radiación en voltios, hallar su longitud de onda en Å y vice-versa.

**El modelo Bohr.**— Los nuevos conocimientos que sobre el átomo y la energía se fueron acumulando al comenzar a descifrar el misterio del complejo átomo, por intermedio de sus tres magos, impusieron una reforma al átomo de Rutherford que ajustara los nuevos hechos y subsanara al propio tiempo sus deficiencias. A este propósito obedece el modelo atómico del físico danés Niels Bohr, en el que partiendo del concepto discontinuo de la energía, de los quantum de Planck, se establecen los niveles de energía para explicar los fenómenos de emisión y absorción de la misma y también, las conclusiones empíricas que ya en 1858 Balmer y otros físicos expusieron sobre las radiaciones del átomo de hidrógeno. Su gran mérito consiste en que por su medio se han logrado determinar constantes, como la Rydberj y el radio del átomo de hidrógeno. Este modelo ha sido ajustado a átomos más complejos por Sommerfeld.

Numerada la serie periódica de elementos, a cada átomo le corresponde un número atómico y se ha podido comprobar, auxiliándose con el espectroscopio y espectrógrafo de Astón, que el número de electrones orbitarios de cada átomo, es igual al de su número atómico y como el átomo normal, es eléctricamente neutro, existirá en el núcleo una carga positiva compuesta de tantos protones, como electrones orbitarios. El peso atómico en su parte entera corresponde al de protones y neutrones. Si por "e" designamos la carga elemental negativa de cada electrón, (de igual valor absoluto que la del protón) por "m" su masa, por "v" su velocidad y por "r" el radio de su órbita circular, la fuerza centrípeta del núcleo de un átomo que le corresponda N como número atómico sobre un electron, será según la ley Coulomb;  $f = \frac{Ne \cdot e}{r^2}$ ; y la fuerza centrí-

fuga  $f = \frac{mv^2}{r}$  y como se equilibran resulta: (1)

$$\frac{Ne^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

La energía "m v" del electrón a lo largo de su órbita es igual a  $2 \pi r m v$  que por la teoría de Planck tiene que ser un múltiplo de "h" o sea que  $2 \pi r m v = nh$  y su cuadrado  $4 \pi^2 r^2 m^2 v^2 = n^2 h^2$

en la que sustituyendo  $m v^2 = \frac{N e^2}{r}$

resultará:  $4 \pi^2 r m N e^2 = n^2 h^2$  de donde  $r = \frac{n^2 h^2}{4 \pi^2 m N e^2}$

En el átomo de hidrógeno  $N=1$  y para el radio  $r$ , más próximo al núcleo tendremos  $n=1$  por lo que reemplazando valores obtendremos:

$$r = \frac{(6,55 \cdot 10^{-27})^2}{4 \pi^2 (9,04 \cdot 10^{-28}) (4,80 \cdot 10^{-10})^2} = 5,2176 \cdot 10^{-9} \text{ cm.}$$

y para su diámetro o sea el del átomo de hidrógeno  $2r = 0,43 \cdot 10^{-8}$  cm. La energía cinética del electrón

es  $\frac{mv^2}{2}$  y su energía potencial  $-mv^2$  luego su energía total en la órbita será su suma algebraica:

$$W = \frac{mv^2}{2} - mv^2 = -\frac{mv^2}{2}$$

pero como  $-\frac{mv^2}{2}$  según (1) es igual a  $-\frac{N e^2}{2 r}$  (2)

sustituyendo el valor de  $r$  en (2) resultará:

$$|W| = \left| -\frac{2 \pi^2 m N^2 e^4}{n^2 h^2} \right|$$

las energías correspondientes a los radios  $r_{n_1}$  y  $r_{n_2}$  se obtendrán dando a "n" los valores  $n_1$  y  $n_2$  en (3) y su diferencia o desnivel de energía tendrá por expresión:

$$W_{n_1} - W_{n_2} = \frac{2 \pi^2 m N^2 e^4}{n_1^2 h^2} - \frac{2 \pi^2 m N^2 e^4}{n_2^2 h^2} =$$

(1)—Por carecer de los tipos del alfabeto griego, las reemplazaremos por los tipos de estilo inglés que el buen sentido del lector sabrá traducir.

$$\frac{2 \pi^2 m N^2 e^4}{h^2} \left[ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

Una atracción constante entre el núcleo y el electrón requiere que al alejarse este o sea aumentar "r" absorba energía y si disminuye "r" que la emita y como el desnivel orbitario es un múltiplo del quantum "h" igual a  $\nu h$  se tendrá  $W_{n_1} - W_{n_2} = \nu h$  de donde  $\nu = \frac{W_{n_1} - W_{n_2}}{h}$  quedando determinada la frecuencia  $\nu$  de la radiación que absorbe o emite, si siendo  $r_{n_1} < r_{n_2}$  pasa el electrón de la órbita  $r_{n_1}$  a la  $r_{n_2}$  o viceversa.

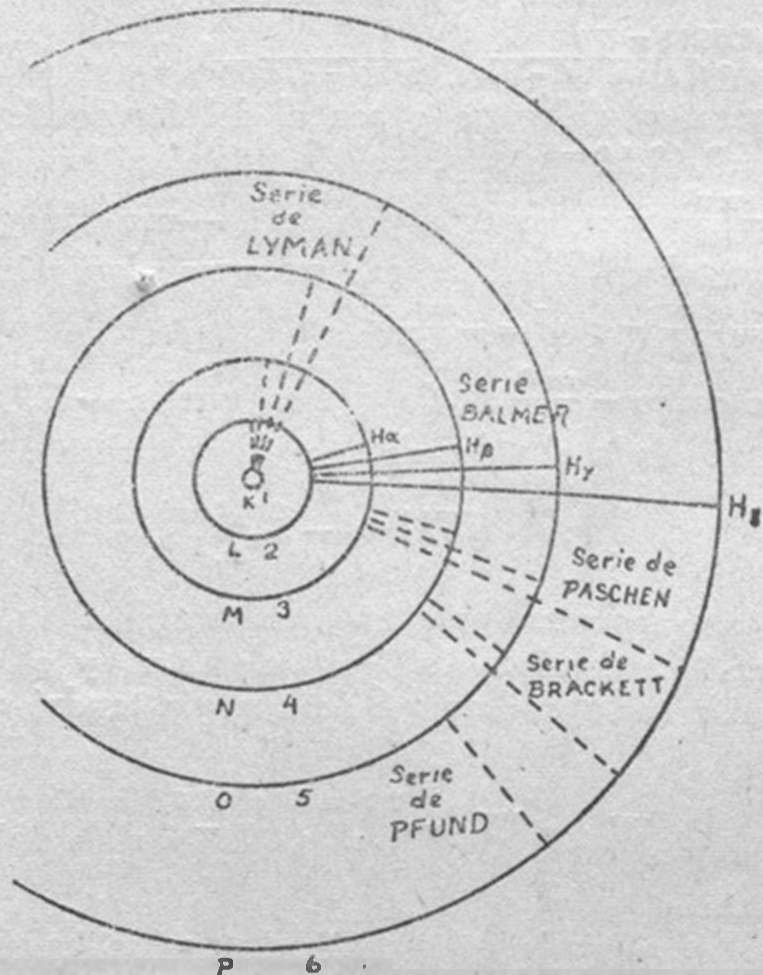


Fig. 5

El modelo de átomo de Bohr establece que cada electrón, puede describir determinadas órbitas y que ni emite ni absorbe energía, mientras se mantiene en su órbita a la que le corresponderá una cantidad  $W$  de energía determinada, esta órbita la abandona el electrón casi instantáneamente si el átomo es perturbado y el paso a otra órbita lo denunciará en su espectro correspondiente.

Las líneas Ha (roja) Hb azul, Hg (violeta) y Hd (violeta) del espectro del hidrógeno de la serie Balmer, son según Bohr, debidas al paso de su único electrón de las órbitas —3—4—5 y 6 a la 2 (fig. 5). La serie Lyman de la región ultra-violeta y las infra rojas de Paschen y Blanckett ilustra la figura la interpretación que tiene con este modelo de átomo.

**Potencial de ionización.— El electrón voltio.—** Todos los procesos de emisión de luz están fundamentados en este principio. Una materia que absorbe energía, para más tarde emitirla. La absorción viene acompañada de una excitación electrónica que se traduce en el átomo en amplificaciones de su radio más pequeño al cual corresponde su máxima estabilidad. Si la energía que absorbe el átomo es excesiva, puede el electrón llegar a independizarse del núcleo o sea ionizarse. A la cantidad de energía necesaria para liberar a un electrón situado en su más interna órbita, se le denomina Potencial de ionización. Para el electrón del hidrógeno este potencial vale 13,54 electrón-voltios. (Un electrón-voltio, es la energía que adquiere un electrón, sometido a una diferencia de potencial de un voltio) y su múltiplo un millón de electrón-voltio se llama Mev.

**El modelo Bohr generalizado.—** Entre las modificaciones que se han introducido a la disposición de las órbitas de los electrones, figuran las de suponerlas en superficies esféricas concéntricas o en superficies elip-

soidales. También se emplea una disposición de órbitas elípticas en simétrica disposición. (Fig 6) y de elípticas y circulares.

Las órbitas de los electrones de los átomos también se determinan con más exactitud, por medio de sus ecuaciones. El modelo Bohr a pesar de los descubrimientos que se han realizado desde 1913 continúa prestando muy útiles servicios en electricidad.

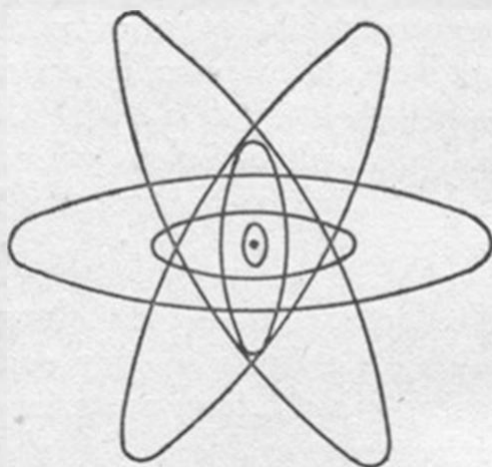


Fig. 6

**Los isótopos y los pesos atómicos.**— Al observar los pesos atómicos de los 92 elementos ordenados que se han valuado por comparación con el del oxígeno, que medido a su vez con el del hidrógeno como unidad, le corresponde 15,86 y que por comodidad se ha redondeado en 16, aparece para el que tiene "1", como número atómico, el hidrógeno, el valor 1,008 teniendo los sucesivos elementos como pesos atómicos en general, números que no son enteros, cuya mitad, se aproxima a su número atómico, que como dijimos es igual al de electrones orbitarios. De esta última regla, se separan elementos como el "litio" y ello condujo al investigar su causa al hallazgo en la naturaleza, de los elementos isótopos o sea átomos que teniendo el mismo número de electrones orbitarios, se diferencian por los neutrones que integran su núcleo por lo que correspondiéndoles el mismo lugar



en la sucesión periódica (de aquí su nombre iso= igual; topo= lugar) tienen **diferente peso atómico**. Ejemplo el caso del litio de número atómico 3, mezcla compuesta de un 6% de átomos que tienen 3 protones y 3 neutrones y el 94% restante de átomos con 3 protones y 4 neutrones.

Los isótopos del hidrógeno son el "el protium" con un protón, "el deuterium" con un protón y un neutrón y el "Triterium" con un protón y dos neutrones.

Hasta el presente, más de 600 isótopos de los elementos han sido hallados, teniendo singular importancia el U-235 y U-238 del Uranio número 92 de la serie periódica, por sus aplicaciones para la obtención de energía.

**La ecuación de Einstein.**— La hipótesis de Prout de 1803 que establecía que todos los átomos son múltiplos del átomo de hidrógeno, ha recuperado su mérito y si bien es verdad lo que anunció, no puede hoy extrañarnos que los pesos atómicos no sean múltiplos del peso del átomo de hidrógeno, puesto que según la teoría de la relatividad la formación de todo núcleo de elemento más pesado, requiere un gasto de energía, que tiene que obtenerse por transformación **de masa en energía**. La ecuación de Einstein relaciona la pérdida de masa con la producción de energía, estableciendo que:

$E$  (en erg/seg) =  $m$  (en gr.)  $c^2$  (velocidad luz en cm.) y como comprobamos que todo núcleo de un átomo pesado posee una masa menor que la que le corresponde a la suma de los protones y neutrones que la constituyen, deducimos lógicamente que ello se ha efectuado por medio de la energía que aporta la masa que se ha perdido.

**Desintegración espontánea de los átomos.**— **Rayos alfa, beta y gamma.**— Desde el estable plomo, número atómico 82, hasta el uranio, todos los elementos

son radioactivos o sea que son focos de intensas radiaciones que con el tiempo, reducen sus pesos atómicos, tendiendo todos ellos a convertirse en plomo. Modernamente se ha comprobado un fenómeno análogo en la escuela de los isótopos de los más ligeros, potasio, rubidio, etc. Las radiaciones que emitidas por los átomos los desintegran son las conocidas con los nombres de rayos "alpha" rayos "beta" y rayos "gamma" (fig. 7). Los primeros, se ha comprobado que están formados por una corriente de **núcleos de helio**, lanzados a gran velocidad que oscila entre  $15.103\text{Km/seg}$  y  $25.103\text{ Km/seg}$ . A estos rayos se les llama "partículas alfa".

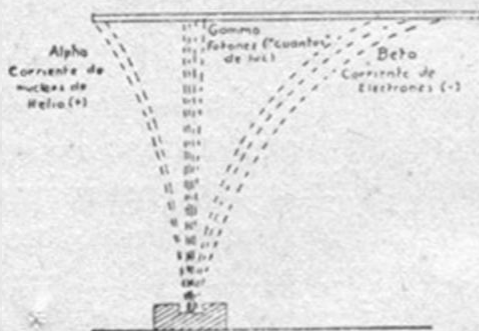


Fig. 7

Los rayos "beta" son electrones o positrones, lanzados a velocidad aproximada a la de la luz.

Los rayos "gamma", están constituídos por "granos" o "cuantos" de energía luminosa, cada uno de los cuales se llama "fotón". Con independencia de su naturaleza ondulatoria, que estos rayos están compuestos por el flujo de corpúsculos, lo han evidenciado el efecto Compton y el efecto fotoeléctrico. El primero se pone de manifiesto al chocar como si fueran dos esferillas elásticas, un fotón "h" con un electrón. Por efecto del choque, se percibe la disminución de la energía del fotón, que por la ley de corrimiento se traduce en su espectro por disminución de la frecuencia o sea mayor valor para "l,, o corrimiento de su raya hacia el rojo. Y el 2º, cuando a consecuencia de un bombardeo

con fotones, se expulsan electrones de una lámina metálica, puesto que la energía cinética de estos electrones, depende de la energía del corpúsculo que le expulsó y no de la intensidad, análogamente a lo que ocurre con el objeto alcanzado por un proyectil o sometido a una lluvia de proyectiles que no le alcancen.

El fotón y todas las partículas que compone el átomo se les supone animados de un movimiento de rotación que se denomina "Spin", que origina un momento magnético que los orienta en el sentido de la rotación.

A los rayos alfa (a) y beta (b) los pone de manifiesto entre otros dispositivos la cámara de Wilson.

**Constante de desintegración.**— El ritmo de desintegración, es una característica de cada elemento radioactivo y lo mide el tiempo que emplearía una muestra del mismo, en reducir su peso a la mitad.

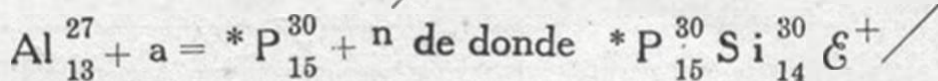
Se denomina a esta constante "vida media" y varía desde el que como "torio" le corresponde 134 millones de años, hasta el de elementos de la serie del torio que tiene como período de "vida media" una cien mil millonésima de seg. ( $10^{-11}$  seg.). En este principio se han fundado las investigaciones de la edad de las rocas. La roca que se conoce como más antigua fué hallada en Rusia y se le concede una edad de 1852 millones de años.

**Elementos y compuestos.**— Las combinaciones formadas con átomos constituyen las moléculas. Si los átomos son iguales, tendremos, moléculas de un elemento y si se unen átomos diferentes obtendríamos las moléculas de un compuesto, excepto en los casos del mercurio en estado de vapor, y de los gases argon y neón cuyas moléculas las forma un solo átomo.

Nos dá una idea de lo que representa en la naturaleza el volumen de las moléculas, al leer lo que confirma Harry W. Holmes en la sección de química de la moderna obra Engineering Preview cuando dice: "Las

moléculas son tan pequeñas, que si un litro de ellas las mezcláramos perfectamente con las aguas de los océanos, en cada litro de las mismas habría 2220 moléculas.

**La transmutación de átomos.**— En esto consistió el sueño de los alquimistas, seres dotados de una gran intuición que no disponían de los modernos magos auxiliares, aunque el vulgo así lo creyera por lo que más de uno, fueron condenados a la hoguera. Hoy, ya del mercurio, ya del platino, se ha logrado conseguir en pequeñas cantidades un isótopo del oro muy inestable. Pero ecuaciones como la siguiente por ejemplo:



que nos produce fósforo poco estable y neutrón bombardeando con rayos "a,, el aluminio, transmutándose luego el fósforo en silicio y positón, son muy comunes en la física del átomo.

En síntesis sabemos, que un átomo distinto de otro, se diferenciará en el número de sus electrones orbitarios y que para conseguir este cambio o tenemos que expulsar del átomo protones o seguir el proceso contrario o sea el de incorporáseles. Al gran Rutherford se le debe la primera transmutación conseguida desintegrando el átomo de nitrógeno y obteniendo el de hidrógeno en el año 1919. Los físicos han imitado la acción de los rayos que emiten las substancias radiactivas sobre los núcleos de los átomos, para romperlos. Para ello necesitaban cuerpos densos, duros, animados de una gran fuerza viva que golpearan en el núcleo y ello constituyó el origen del aparato ciclotrón, que después de comunicar una velocidad lo más grande posible a una corriente de neutrones, los lanza sobre la masa gaseosa de átomos que se desean transmutar. Es bien curiosa la mayor eficacia de los neutrones, demorados o de baja velocidad para este fin, estudio, que ha rea-

lizado el atomista italiano Fermi. Por el fenómeno de ruptura del núcleo del átomo en dos núcleos casi iguales que llamó "fisión" la Dra. Metmer, en cuyo proceso se emite por el átomo una gran cantidad de energía, tiene puesta la atención el mundo entero por sus trascendentales consecuencias. El electrón demorado que rompe el V-235 en Krypton y Barium deja libre cerca de 200.106 electrón-voltio. Esto demuestra que el núcleo en el átomo, es el tesoro de la energía que está perfectamente guardada en los sótanos de la fortaleza nuclear; esta fortaleza la vigilan de cerca los protones con cargas eléctricas positivas y de lejos los electrones provistos de cargas negativas que lo rondan noche y día.

Difícilmente llegaría hasta la fortaleza, ni un electrón, ni un protón que serían o rechazados o atrapados; los únicos corpúsculos fuertes y neutros que pueden burlar tan estrecha vigilancia, son los neutrones, que para lograr su fin tienen que llegar al núcleo, no atropelladamente y con prisa sino pausadamente para captar el tesoro previa la **partición** del núcleo en dos. Esta fantasía sobre el proceso de la liberación de la energía atómica, tiene muchos fundamentos en la realidad de tan singular acontecimiento.

**Aportaciones del átomo.**— Si con tan pequeñas masas de materia la energía que se ha obtenido es extraordinaria, no debe a nadie extrañar el interés mundial por estos trabajos, que desde los laboratorios, verdaderas plantas industriales, pronto pasarán a satisfacer necesidades sociales. El profesor Hudson en su reciente obra "An introduction to electronics" nos presenta este elocuente ejemplo del significado de la ecuación de Einstein. Un cubo de 6,75 cm. de lado de carbón bituminoso, cuando el carbón e hidrógeno que contiene se combinan molecularmente con oxígeno, en

una normal combustión, producen 4, 4 kilovatios-hora de energía. Un kilovatio-hora se puede visualizar como el trabajo que se efectúa, al elevar 133 toneladas a 3,03 m. Ahora bien, la energía atómica del depósito de carbón aplicándole la ecuación Einstein, produciría 10 millones de kilowattios que a 5 centavos supone la fantástica suma de 500 millones de dólares. La meta de todos los laboratorios, será la de llegar a obtener el procedimiento para efectuar esa conversión de masa en energía.

Por el momento, la "fisión" del Uranio U-235, es el manantial de producción de energía más inmediato y espontáneo que se conoce. Hubo físicos, que al bombardearlo con neutrones demorados, temieron que los nuevos electrones que se desprenden de los átomos de Kriptón y Bario por la ruptura del U-235, produjeran una cadena de reacciones capaz de destruir una considerable parte de nuestro planeta, actuando como un incendio que propagándose destruiría una ciudad. Nosotros creemos que ello demuestra una débil fé en la obra de la creación, que no se puede concebir tan fácilmente destruible. El U-235 se encuentra poco abundante en la naturaleza y asociado con el isótopo U-238. (De 141 partes 1 de U-235 y el resto de U-238). La cadena de reacción la rompe la presencia del U-238 y de otras impurezas que acompañan al U-235. Actúa el U-238 como verdadero extintor de incendios al absorber los neutrones secundarios producidos por la ruptura de los átomos de U-235. Hoy se sabe que bajo esa acción, el átomo U-238 pasa a formar un nuevo elemento muy poco estable llamado Neptunium, el cual se estabiliza en el conocido con el nombre de Plutonium, de análogas propiedades que U-235. Desde el instante que se halló el Plutonium, se encontraron los físicos con la cantidad de materias prima necesaria para la obtención de la energía que buscaban.

La energía se puede dirigir en el sentido destructivo o constructivo afirmando nosotros dotados de espíritu optimista, de que con ella se abre, una era cuyos alcances más próximos se pueden revisar, sin poseer dotes proféticos clasificándolos como sigue:

- a) igualación de los pueblos grandes y pequeños.
- b) nos liberará de muchas enfermedades y del hambre
- c) anulará el valor de los actuales tesoros (oro, petróleo, carbón, saltos de agua) causas seguras de las guerra.
- c) impulsará el proceso electrónico, radio, radar, televisión, microscopio electrónico.
- e) movilizará a los humanos borrando fronteras y dando fin al absentismo y por tanto a las grandes aglomeraciones humanas.
- f) se realizarán los vuelos interplanetarios que nos anonadarán ante la grandeza, mejor conocida de la Creación. "Natura nom facit saltus" por lo que todo lo anterior, vendrá en su tiempo oportuno. Esperemos pues el desarrollo de este plan, convencidos de que es evidente que el nuevo orden, la nueva vida está en marcha y si la primera manifestación de la energía creó hace dos siglos, una nueva clase social, el proletariado, hasta hoy inadaptaada, disconforme con el actual orden, problema que está esencialmente relacionado con las profundas diferencias existentes entre el hombre músculo y el hombre cerebro, estemos seguros, de que ya contamos con el único poder que podrá reducir este abismo gradualmente, creando el nuevo tipo de hombre más equilibrado. La nueva energía puesta al servicio del progreso, tendrá una enorme influen-

cia moral en la humanidad. El odio, tendrá que ceder al amor, la guerra, a la paz, y la energía refulgente que emana de Dios principio y fin de todas las cosas, hará que todos los hombres adoren al Creador, suprema encarnación de los divinos valores que conocemos con los nombres de Bondad, Justicia, Verdad y Libertad.



**ESTE FOLLETO SE ACABO DE  
IMPRIMIR EN LOS TALLERES  
POL HERMANOS, CALLE AR-  
ZOBISPO MERIÑO NUM. 45, DE  
CIUDAD TRUJILLO, REPUBLI-  
CA DOMINICANA, EL DIA 25  
DE SEPTIEMBRE DE 1946 Y  
ESTUVO AL CUIDADO DE LA  
Sección de Publicaciones DE LA  
UNIVERSIDAD. — LA TIRADA  
CONSTA DE 200 EJEMPLARES**



