

Química

281

NOTAS SOBRE CLASIFICACION PERIODICA DE LOS ELEMENTOS

Existe un orden en la naturaleza. Este orden ha sido percibido subconscientemente por los filósofos, y quiere ser expresado en lenguaje matemático por los científicos modernos.

Cuando nació el hombre, es decir, cuando empezó a pensar, se encontró frente a una naturaleza compleja, compuesta de cosas concretas que no le decían nada.

Creció el hombre y lo encontramos en la India, donde comenzó a expresarse esa sensación que es el orden natural. Los indios clasificaban la naturaleza, la ordenaban, teniendo en cuenta los estados en que la naturaleza se motraba a los sentidos: Fuego, agua y tierra. Esa división constituye la primera tabla de los elementos que conozca la humanidad. Gautama Buda agregó a esta tabla el elemento conciencia.

Se muestra a través de esta clasificación rudimentaria, un orden, pues la doctrina de los lugares naturales expresaba muy bien que cada elemento tenía su sitio especial al cual tendía por esencia.

Esta explicación, india en su origen, pasó a Grecia donde el filósofo Empédocles le dio carácter de doctrina. Esta doctrina fue aceptada por Aristóteles quien la lanzó a través de la antigüedad y la Edad Media con tal fuerza que sólo Boyle, el descubridor de los elementos químicos, pudo detener.

La doctrina hilemófica, o sea de la materia prima y de la forma substancial, es otro escalón subconsciente hacia el verdadero conocimiento del orden natural. Es bueno hacer notar que esta doctrina, hoy por casi todos despreciada, es manifestación sentimental de lo que Proust explicó y quiso probar con la teoría de que todos los cuerpos son expresiones distintas del hidrógeno, teoría basada en hechos concretos como el de que todos los pesos atómicos son múltiplos o casi, del peso atómico del hidrógeno.

También fue griega la teoría atómica, hoy básica para la explicación del universo. Quiero decirlo una vez más, todas estas teorías de los filósofos eran realizaciones de la subconsciencia que les decía

que la naturaleza era de tal o cual manera. Y es aquí donde se hace palpable la diferencia entre el espíritu filosófico y el espíritu sáfico.

Tendríamos que recorrer todos los filósofos si quisiéramos decir qué explicaciones del orden natural se dieron antes de que el espíritu científico, experimental-razional, viniera a estudiar la naturaleza. Damos las explicaciones anteriores para establecer comparación con las clasificaciones modernas.

Durante la Edad Media los alquimistas no se preocuparon por encontrar un orden natural sino un método para obtener oro de minerales comunes, y la panacea.

Al comienzo de la Edad Moderna, Roberto Boyle estableció el concepto de elemento químico, primera piedra para la química racional.

En 1813 un químico francés, Thénard, dividió los elementos químicos en metales y metaloides, teniendo en cuenta:

- 1) Su facilidad de oxidación en contacto del aire.
- 2) La estabilidad de los óxidos formados.
- 3) La acción de los metales sobre el agua.

Thénard tiene valor, en el estudio que estamos haciendo, como hombre que comenzó a hacer uso de ciertas propiedades para sintetizar e ir hacia un nuevo período científico.

Regnault, su seguidor, hizo este cuadro:

- 1). Potasio, sodio, litio, bario, estroncio y calcio.

Estos metales descomponen el agua a la temperatura ordinaria, se oxidan fácilmente al aire y sus óxidos se descomponen a temperatura elevada.

2). Magnesio, aluminio, manganeso y metales raros. Estos metales descomponen el agua a 100°, se oxidan a temperatura elevada y sus óxidos son irreductibles por el calor.

3) Hierro, níquel, cobalto, cromo, vanadio, zinc, cadmio y uranio, metales que descomponen el agua al rojo o en frío en solución ácida; se oxidan con dificultad y sus óxidos son irreductibles por el calor. Son reducidos fácilmente por el nitrógeno, el carbono y el óxido de carbono.

4) Wolframo, molibdeno, osmio, tántalo, titanio, estaño, antimonio y niobio. Este grupo, al rojo, obra lentamente sobre el agua en presencia de bases. Pueden originar ácidos con el oxígeno y el agua.

5) Cobre, plomo y bismuto, elementos de muy poca acción sobre el agua, aún a elevadas temperaturas. Se oxidan con relativa facilidad, pero sus óxidos son irreductibles por el calor.

6) Mercurio, plata, rhodio, iridio, paladio, platino, rutenio y oro. Estos metales no se oxidan ni tienen acción sobre el agua; sus óxidos, obtenidos directamente, se disocian a temperaturas inferiores al rojo.

Este cuadro, incorrecto desde el punto de vista moderno, fue una gran ayuda para la química de su tiempo. Como se ve, en este cuadro no entraban los metaloides. Dumas clasificó los metaloides así:

- 1) Hidrógeno.
- 2) Fluór, cloro, bromo y yodo.
- 3) Oxígeno, azufre y selenio.
- 4) Nitrógeno, fósforo y arsénico.
- 5) Boro, silicio y carbono.

El mismo Dumas para clasificar los metaloides, tenía la siguiente regla:

"La clasificación de los metales y en general de todos los elementos que no se combinan con el hidrógeno, debe hacerse teniendo en cuenta los caracteres de sus combinaciones con el cloro, y si es posible, la relación de los volúmenes de los elementos raccionantes y el estado de la agregación de los cuerpos formados".

Es bueno hacer notar aquí cómo ya se principia a usar de ciertas propiedades para hacer la clasificación periódica. Estos cuadros se van haciendo mejores a medida que se van viendo propiedades más importantes de los cuerpos. El cuadro que vamos a ver, se basa ya en los pesos atómicos.

Dobereiner notó que varios elementos de caracteres químicos análogos tenían diferencias casi constantes con otros elementos de las mismas propiedades. Veamos el cuadro:

| Elementos | Peso atómico | Diferencia | Elementos | Peso atómico | Diferencia |
|-----------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Litio | 6.94 | | Azufre | 32.06 | |
| | | 16.06 | | | 47.14 |
| Potasio | 39.10 | 16.10 | Selenio | 79.20 | |
| Sodio | 23.00 | | | | 48.30 |
| | | | Telurio | 127.50 | |
| <hr/> | | | | | |
| Calcio | 40.07 | | Cloro | 35.46 | |
| | | 47.58 | | | 44.46 |
| Estroncio | 97.63 | | Bromo | 79.92 | |
| | | 49.74 | | | 47.00 |
| Bario | 137.37 | | Lodo | 126.92 | |

En cambio existen otras tríadas de elementos cuyos pesos atómicos son muy poco diferentes entre sí.

| Elementos | Peso atómico | Elementos | Peso atómico |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| Hierro | 55.84 | Osmio | 190.90 |
| Níquel | 58.68 | Iridio | 193.10 |
| Cobalto | 58.97 | Platino | 195.20 |

Después vienen los cuadros de Naquet (1864), quien clasificó en función de la atomicidad, y Fremy (1865), cuyo orden es función de las características generales de los cuerpos.

Llegamos ahora a una parte importante de nuestro trabajo. Clasificaciones de Lothar Meyer y Dimitri Mendelejeff marcan la nueva era de la Química como ciencia racional, como parte de la Física, en contraposición con la química de los vitriolos, las caparrosas y demás hierbas que impedían el intento racional de conocimiento del tantas veces repetido orden natural.

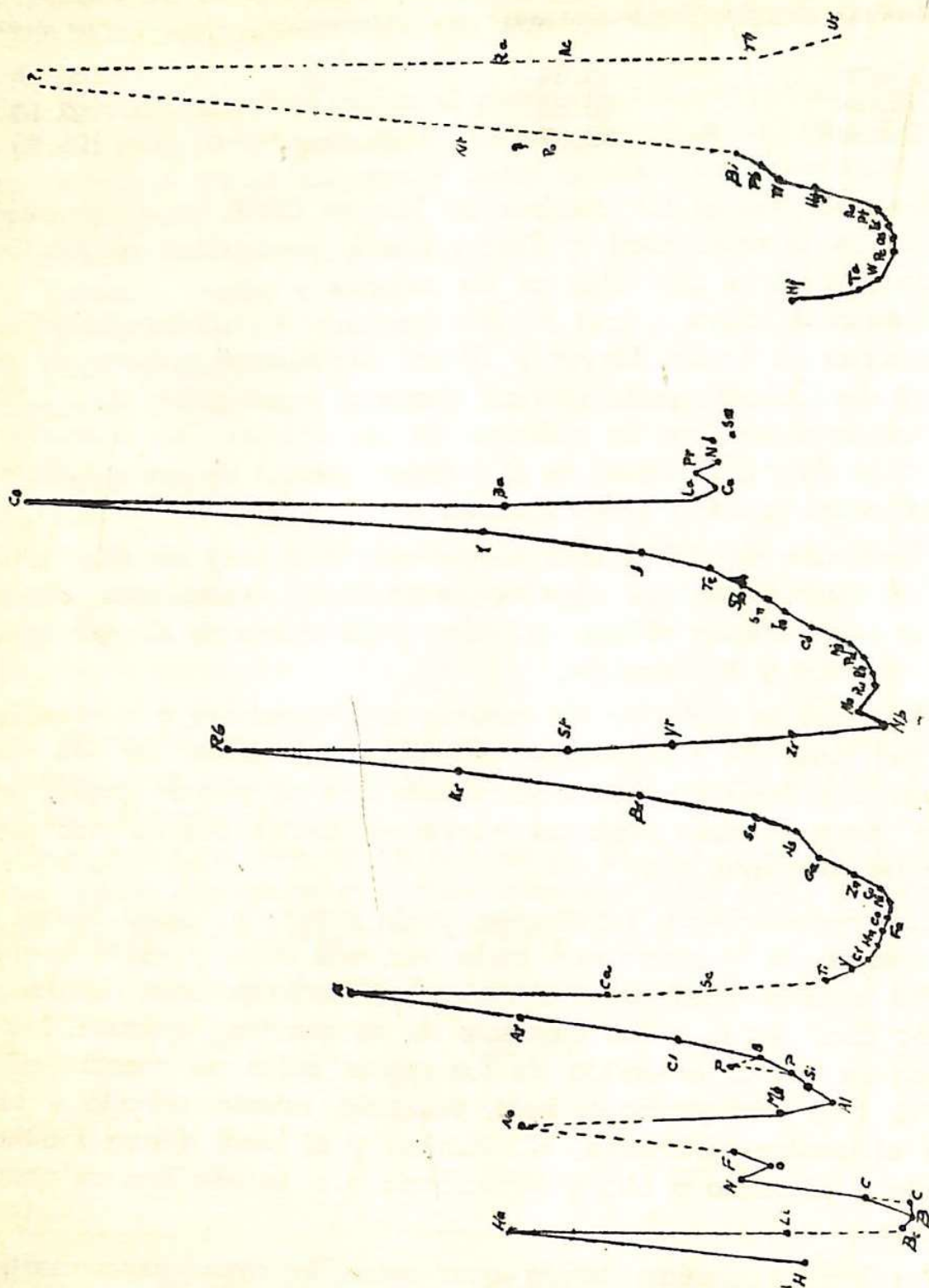
En el año de 1869 Lothar Meyer hizo algo muy sencillo: situó todos los cuerpos en dos ejes de coordenadas cartesianas, donde la abscisa representaba el peso atómico, y la ordenada el cociente del peso atómico y la densidad.

Al trazar la curva se vio que no era caprichosa y que mostraba las relaciones de propiedades de ciertos elementos. En ese tiempo faltaba por descubrir varios elementos que se podían prever en la curva, porque había espacios vacíos en ciertos puntos, que debían tener un elemento.

Las características principales de la curva de Lothar Meyer son: Las crestas de la curva son cada vez más altas y están ocupadas por los metales alcalinos en el orden litio, sodio, potasio, rubidio y cesio, es decir, en el orden creciente de su actividad química. Los elementos de menor ordenada de las ramas bajas no constituyen una familia. Son estos carbono, boro, aluminio, rutenio, cobalto y osmio. Estos elementos pertenecen, el aluminio y el boro, a una familia, el cobalto y el osmio a otra y el carbono y el rutenio son de distintas familias.

La familia alcalino-terrea está sobre la rama descendente de cada cresta, también en orden de actividad. Si se hace la curva con los gases nobles, estos están debajo de los alcalinos en las ramas ascendentes.





Detalles importantes:

En la rama del potasio. Rama ascendente. Cuerpos electro-negativos y volátiles. En la descendente, cuerpos electro-positivos y dúctiles.

En la rama del rubidio. Rama ascendente. Elementos electro-negativos, fusibles y volátiles. En la depresión máxima son dúctiles.

Rama del cesio. Ascendente. Electro-negativos, fusibles, volátiles y quebradizos; después viene una laguna constituida por las tierras raras y en la depresión siguiente, cuerpos refractarios y dúctiles.

Resumiendo: El cuadro de Lothar Meyer, aunque no es el mejor puesto que fue el primero de la nueva época y no está basado en las propiedades principales elementales, dio a conocer a los químicos de la segunda mitad del siglo XIX, la realidad del orden natural.

Seguimos ahora con el cuadro de Mendelejeff. Es el más conocido y está basado en la célebre proposición del sabio ruso: **"Las propiedades de los cuerpos simples y de sus combinaciones, son función periódica de sus pesos atómicos"**

Mendelejeff fue agrupando los elementos por sus pesos atómicos al ver que las propiedades cambiaban con los pesos atómicos, hasta un punto en donde repentinamente el elemento siguiente tenía las mismas propiedades del primero y sucesivamente se volvían a presentar las características de los cuerpos de la línea anterior.

Esta agrupación, si bien es bastante científica, no es tan exacta como a primera vista parece, pues, como hoy se tiene perfectamente determinado, las propiedades no varían conforme al número atómico, sino según el número de orden.

Jean Perrin dice textualmente: Las propiedades de los elementos se vuelven a encontrar periódicamente a medida que crecen los pesos atómicos, o mejor, a medida que crece cierto parámetro desconocido por Mendelejeff y hoy caracterizado como carga nuclear que crece, en general, con el peso atómico.

En general, la idea de Mendelejeff de hacer un cuadro periódico, le vino del estudio de los siguientes hechos:

1) Los elementos dispuestos según el orden creciente de sus pesos atómicos, presentan periodicidad en sus propiedades.

2) Los elementos semejantes en sus funciones químicas, tienen pesos atómicos o muy vecinos (platino, iridio, osmio) o crecientes con uniformidad. (Potasio, rubidio, cesio).

3) La disposición de los elementos y de sus grupos respectivos, corresponde a la de su valencia.

4) Los cuerpos simples más estudiados sobre la tierra tienen un peso atómico reducido, y todos los de peso atómico reducido tienen propiedades características. Tales elementos son tipos.

5) La magnitud del peso atómico determina el carácter del elemento.

6) Hay varios elementos desconocidos, por ejemplo, uno semejante al silicio, de peso atómico 75.

7) El valor del peso atómico de un elemento puede ser corregido si se conoce el de sus análogos. Así el peso atómico del telurio no es 128, sino que debe estar comprendido entre 123 y 126.

8) Algunas analogías de los elementos pueden ser descubiertas, teniendo en cuenta la magnitud de los pesos atómicos.

Dados estos hechos estudiemos el cuadro, pero antes hagamos esta sugestión: siendo la naturaleza a lo menos de tres dimensiones, puede ser estudiada en un cuadro de sólo dos dimensiones?

GRUPO O

| Elementos | He | Ne | Ar | Kr | Xe | Nt |
|---------------------|-------|------|--------|-------|-------|--------|
| Nº atómico | 2 | 10 | 18 | 36 | 54 | 86 |
| Peso atómico | 4 | 20.2 | 39.92 | 82.92 | 130.2 | 222 |
| Temper. crítica | -268 | -220 | -120 | | 16.6 | 104.06 |
| Punto de ebullición | | -252 | -189.6 | -169 | -140 | -71 |
| Peso de un litro | .1786 | | 1.78 | | | |
| Presión crítica | 2.3 | | 50.6 | | 58.2 | 662.5 |

Este grupo no tiene valencia, es decir, no tiene electrón periférico inestable. Como para todos los demás grupos, la diferencia de sus números atómicos varía según la expresión:

$$Z = 2 [1 + (1 + 2) + (2 + 3) + \dots + (n-1) + n]$$

El peso atómico y en general todas las constantes, aumentan con Z. Aquí, como fácilmente se ve, es donde está la clave de la posibilidad del gran número de cuadros que se puede hacer. Si todas las propiedades elementales varían progresivamente, es evidente que al representar gráficamente estas propiedades progresivas, se encuentre una expresión geométrica regular, capaz de expresar las relaciones existentes.

SISTEMA PERIODICO DE LOS ELEMENTOS—MENDELEJEFF

| Periodo | Serie | Grupo I | | Grupo II | | Grupo III | | Grupo IV | | Grupo V | | Grupo VI | | Grupo VII | | Grupo VIII | | Grupo 0 |
|---------|-------|------------------------------|----------------|--|---|--|-----------------|--|---|--|---|--|----------------|---|---|---|----------------|----------------|
| | | M H M ₂ O A | B | M H ₂ M ₂ O ₂ A | B | M H ₃ M ₂ O ₃ A | B | M H ₄ M ₂ O ₄ A | B | M H ₅ M ₂ O ₅ A | B | M H ₂ M ₂ O ₆ A | B | M H M ₂ O ₇ A | B | M ₂ O ₈ M ₂ O ₂ M ₂ O ₄ | | |
| I | 1 | H | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He 4.00 |
| II | 2 | 3 Li 6,94 | | 4 Be 9,02 | | 5 B 10,82 | | 6 C 12 | | 7 N 14,008 | | 8 O 16 | | 9 F 19 | | | | 10 N 20,2 |
| III | 3 | 11 Na 23 | | 12 Mo 24,32 | | 13 Al 26,97 | | 14 Si 28,06 | | 15 P 31,03 | | 16 S 32,06 | | 17 Cl 35,46 | | | | 18 Ar 39,91 |
| IV | 4 | 19 K 39,09 | | 20 Ca 40,09 | | 21 Se 45,1 | | 22 Ti 48,1 | | 23 V 50,96 | | 24 Cr 52,01 | | 25 Mn 54,93 | | 26 Fe 55,8 | 27 Co 58,9 | 28 Ni 59,7 |
| V | 5 | 29 W 63,37 | | 30 Zn 65,37 | | 31 Ga 69,72 | | 32 Ge 72,6 | | 33 As 74,96 | | 34 Sa 79,2 | | 35 Br 79,96 | | | | 36 Kr 82,9 |
| | 6 | 37 Rb 85,44 | | 38 Sr 87,60 | | 39 Yt 88,7 | | 40 Zr 91,0 | | 41 Nb 93,5 | | 42 Mo 96 | | 43 Ma 99? | | 44 Ro 101,7 | 45 Rh 102,9 | 46 Pd 106,7 |
| | 7 | 47 Ag 107,88 | | 48 Cd 112,4 | | 49 In 114,8 | | 50 Sn 118,7 | | 51 Sb 121,8 | | 52 Te 127,5 | | 53 I 126,93 | | | | 54 X 130,2 |
| | 8 | 55 Cs 132,8 | | 56 Ba 137,37 | | 57 La 138,9 | 58 Ce 140,75 | 59 Pr 140,9 | | 60 Hd 144,27 | | 61 Ti 147? | 62 Sm 150,4 | 63 Gu 152,4 | | 64 Tb 157,69 | | 66 Dy 162,5 |
| VI | 9 | 67 Ho 163,5 | 68 Er 167,7 | 69 Tu 169,4 | | 70 Yb 173,5 | 71 Lu 175 | 72 Hf 178,6 | | 73 Ta 181,5 | | 74 W 184 | | 75 Ke 187? | | 76 Os 190,9 | 77 Ir 193,1 | 78 Pt 195,2 |
| | 10 | 79 Au 197,2 | | 80 Ad 200,6 | | 81 Tl 204,4 | | 82 Pb 207,2 | | 83 Bi 209 | | 84 Po 210 | | 85 X | | | | 86 Em 222 |
| VII | 11 | 87 X | | 88 Ra 226 | | 89 Ac 228 | | 90 Th 232,1 | | 91 Pa 234 | | 92 U 238,2 | | | | | | |

GRUPO I

| Elementos | Li | Na | K | Rb | Cs |
|---------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Peso atómico | 6.94 | 11 | 19 | 37 | 55 |
| Nº atómico | 3 | 23 | 39.09 | 85.44 | 132.8 |
| Peso específico | .537 | .974 | .86 | 1.52 | 1.87 |
| Punto de fusión | 1180 | 97 | 62 | 38 | 26 |
| Punto de ebullición | 1400 | 877 | 757 | 697 | 670 |
| Valencia I | | | | | |

Este cuadro también tiene sus constantes variantes proporcionalmente con Z. Sólo hay una pequeña laguna en el peso específico que se puede salvar con la consideración de los isótopos.

Desgraciadamente no nos es posible poner todos los cuadros con sus constantes y propiedades, pues que eso es un curso de química, pero estos dos muestran claramente la realidad del siempre una vez más nombrado orden natural.

Después de ver los elementos, por comparación de las columnas verticales, veamos las horizontales, que también allí debemos encontrar algo.

Lo primero que llama la atención es la variación en la valencia en una forma tal, que impide dudar eso no sea causado; que sea un hecho presentado al azar.

El factor Ph varía desde las bases alcalinas hasta los ácidos hidrácidos.

En total, se puede decir que no hay propiedad que no varíe periódicamente. Esta proposición puede probarse trayendo aquí el estudio de Mendelejeff sobre el ekasilicio.

Con la siguiente proporción de valor cuantitativo, predijo muchas de las propiedades del ekasilicio.

$$\frac{\text{Si}}{\text{Es}} = \frac{\text{Sn}}{\text{Pb}} = \frac{\text{As}}{\text{Sb}}$$

a) El peso atómico debe ser la medida aritmética de los elementos análogos:

$$\frac{24,4 + 18,5 + 64 + 79}{4} = 72,85$$

Naturalmente el Germanio encontrado por Wnkler en 1886, tiene un peso atómico igual a 72,5.

b) El peso específico averiguado por el mismo procedimiento, dio un valor aproximado de 5; el Germanio tiene 5,469.

c) El volumen atómico, según Mendelejeff, sería mayor de 13 y menor de 16, que son los valores respectivos del silicio y del estaño. Hizo notar que debería ser apenas un poco mayor que el del silicio. Los cuadros traen para el germanio un volumen atómico de 13,3.

d) Las combinaciones deberían semejarse a las del estaño; predijo que el sulfuro de ekasilicio debería disolverse en sulfuro amónico.

e) El tetracloruro de ekasilicio sería líquido, herviría a menos de 100 grados, puesto que el cloruro de silicio hierve a 57 grados, y el de estaño a 115 grados, y tendría un peso específico de cerca de 1,9. El resultado fue que el tetracloruro de germanio hierve a 96 grados y que su peso específico es de 1,887.

Este solo hecho acabado de ver, muestra hasta qué punto el cuadro periódico es una síntesis afortunada de las propiedades de los elementos.

Con su ayuda el estudiante no tiene que hacer ese esfuerzo inútil de memoria, esa tentativa frustrada de aprender Química, es decir, la ciencia que estudia las propiedades y efectos de esa clase de energía que se llama química.

Y hasta aquí el siglo XIX.

En el siglo XX se destacan como continuadores de la gran obra, Jean Perrin, Bohr, Harkins, Mosely. Estos sabios encontraron relaciones inestimables y cuadros que dan una idea clara de muchas cosas.

Dejaremos para una próxima vez el estudio de estos hombres y de estas obras, de un gran interés para todo aquél que verdaderamente es un animal racional.

Alberto López Toro

Alumno de la Facultad