sacerdote. Si el preceptor es padre de familia, si aún no lo es pero ha de casarse más tarde, no sólo tiene el derecho sino el deber de procurar, con trabajo honrado y generosa economía, formar un capital para sí y para su familia. No es eso lo censurable: es poner en el dinero el fin último de la existencia; es considerar el magisterio sólo ó principalmente como negocio; es vender la enseñanza, cometiendo una acción parecida, en lo humano, á la simonía en lo divino, ya que la ciencia es dón espiritual de Dios; es sacrificar á la mayor ganancia personal el bien de los alumnos y el porvenir del instituto.

Por tal motivo, para no poner al maestro en semejante tentación, para darle la respetabilidad é independencia que merece y necesita, es preciso que el magisterio esté amplia y generosamente retribuído.

Finalmente, el institutor debe vivir alejado del bullicio del mundo; pero no tanto que pierda el contacto con la sociedad en que vive, y de la cual necesita para granjearse simpatías y apoyo, para no perder los hábitos urbanos, para estar al corriente de los peligros de que ha de precaver á los discípulos y para procurarse él mismo honesto recreo y el descanso necesario para no sucumbir bajo el peso de las labores escolares. Lo demás que pudiera decirse sobre las cualidades morales del maestro, irá apareciendo cuando hablemos del instituto docente y de los métodos.

R. M. Carrasquilla

# EL RADIUM

## Y SUS PROPIEDADES MARAVILLOSAS (1)

### PRODUCCIÓN CONTINUA DEL HÉLIUM POR LA DESINTEGRACIÓN DEL RÁDIUM

El estudio de esta transformación es de grande importancia en la actualidad, tanto por ser un hecho nuevo en la ciencia, como porque sobre ella está fundada la explicación

Archivo Rosario Histórico

de la inmensa energía que desarrolla el rádium y por consiguiente la radioactividad del sol y de la tierra, la presencia de este nuevo agente en las aguas, en el aire que respiramos, y en general, en casi todos los cuerpos de la naturaleza que se han sometido á variados procedimientos de experimentación.

Conocidas las propiedades que poseen las emanaciones del rádium (1) de comportarse como un gas pesado, que puede recogerse en un recipiente de vidrio delgado y de trasvasarse con igual facilidad, Sir Willam Ramsay, profesor de química en el Colegio de la Universidad de Londres, fundó en estas propiedades sus experimentos para estudiar las transformaciones del rádium. Ya este sabio, en asocio de Lord Railegh, había separado el hélium del aire atmosférico.

Recogiendo las radiaciones del rádium en tubos de vidrio, observó que conservan su actividad durante algún tiempo, pero poco á poco la pierden y baja á la mitad de su acción en cuatro horas, estando cerrado perfectamente el recipiente. Pasado un tiempo suficientemente largo ha desaparecido toda la radioactividad. Para saber que se ha hecho la emanación radiosa, Sir Willam Ramsay practicó el siguiente experimento:

Llenó de esta emanación un tubo de Geissler, por medio de un aparato adecuado al efecto; examinó después el tubo por la explicación de un espectroscopio, notó que el espectro producido por la radiación difería de todos los espectros conocidos; pero pasados dos días, el espectro comenzó á revelar la raya característica del hélium.

"¿Será ésta, dice el profesor Ramsay, la radiación verdaderamente sugestiva de uno de los ensueños más antiguos de la humanidad? ¿Es decir, la transformación de los cuerpos? El problema no está por esto resuelto con evidencia, pero su enunciación no tiene nada de absurdo."

(1) Véase el primer artículo sobre el Rádium en el número 5.° de esta Revista.



El mismo sabio ha calculado que para transformar completamente el rádium en hélium, serían necesarios por lo menos dos millones de años; y que si el hélium fuese solamente una sustancia contenida en el rádium, el tiempo necesario sería proporcionalmente menor.

Más recientemente los Sres. Curie y Dewar han examinado los gases desprendidos del bromuro de rádium. Una porción de 4 decigramos de esta sal bien desecada se dejó, durante tres meses, en una ampolleta de vidrio, que comunicaba con tubo de Geissler, y con un manómetro de mercurio. En el tiempo indicado se produjo un desprendimiento de gas, á razón de un centímetro cúbico por mes.

El examen espectroscópico del tubo de Geissler indicó solamente la presencia de hidrógeno y de vapores de mercurio provenientes probablemente estos últimos del manómetro. Se podría explicar la presencia del hidrógeno porque se hubiese introducido en el aparato una pequeña cantidad de agua, la que por la acción del rádium se había descompuesto poco á poco; pero esta es una simple suposición.

La porción del bromuro de rádium en su tubo fue transportada al laboratorio del Sr. Dewar en Inglaterra, allí fue calentado al rojo y desprendió ázoe, cuya presencia no se explica satisfactoriamente. El tubo que contenía el bromuro de rádium fundido, privado de todos los gases ocultos, fue cerrado por medio del soplete oxhídrico, mientras se hacía el vacío, y enviado á París, donde M. Deslandres lo examinó con el espectroscopio, treinta días después de cerrado el tubo, iluminándole con la chispa de un carrete de Runkorff por medio de dos pequeñas armaduras de papel de estaño colocadas exteriormente en los extremos del tubo, y obtuvo en este experimento el *espectro del hélium completo*; no había otras rayas, sino únicamente las que caracterizan á este cuerpo, durante tres horas de observación con un espectroscopio fotográfico en cuarzo. Este resultado está de acuerdo con los obtenidos por los Sres. Ramsay y Soddy y los confirma completamente.

Rosario Archivo Histórico

Si á los resultados obtenidos por los profesores citados, se agrega el hecho natural de encontrarse hélium dondequiera que hay emanaciones de rádium, sea en la atmósfera, en la tierra, en las águas minerales, &c., es lógico concluír que este cuerpo es el representante final de la energía del rádium, gastada en su disgregación atómica y convertida en energías calorífica, luminosa y eléctrica.

La transformación de los átomos del rádium afirma la sospecha, ya adquirida, de que los llamados elemnentos simples se reducirán más tarde, por procedimientos químicos adecuados, á grupos más sencillos, tendiendo así á evidenciarse la unidad de la materia en su origen, en armonía con la unidad de las fuerzas físicas universales. (1)

## EL RÁDIUM EN LA NATURALEZA

### I

¿En dónde se encuentra el rádium? Es esta una pregunta que se ocurre á todos los que han fijado su atención en sus propiedades maravillosas; y la ciencia les contesta con bastante certidumbre, que se encuentra difundido en todas partes: en el Sol, en el centro de nuestro globo, en su corteza terrestre, en la atmósfera, en las aguas y tal vez en los demás planetas.

*En el Sol*—Numerosas explicaciones se han dado de la actividad de este astro, que emite espontáneamente, de una manera continua, con igual energía, radiaciones de diversas naturalezas y cuyo origen ha sido un misterio.

Lord Kelvin había calculado por un método dinámico, que admitiendo una dispersión indefinida de calor, puede enviarnos el sol sus rayos aun durante 500.000,000 de años, próximamente; y esto sin suponer que de alguna fuente se le devolviese el calor perdido.

En la actualidad el descubrimiento de sustancias radioactivas, principalmente el rádium con las propiedades de

(1) La unidad de la materia es base del sistema de Santo Tomás, sobre la esencia de los cuerpos—N. de la R.



una energía maravillosa, casi inagotable, ha dado lugar á nuevas hipótesis.

Es verdad que el examen de la luz solar por medio del espectroscopio no ha revelado la presencia del rádium; pero es posible que la ausencia de su manifestación sea debida á la completa disgregación y transformación de sus átomos en la nueva sustancia llamada hélium, cuya presencia sí la han demostrado las rayas del espectro luminoso. Como hemos dicho ya, es un hecho comprobado experimentalmente, que el rádium se transforma en hélium desarrollando una grande energía, transformación que permite suponer que existen sustancias radioactivas en el sol.

La única objeción que se puede hacer en este caso, es que no se observan en la superficie de la tierra los rayos muy penetrantes que emite el rádium; pero ella no invalida la hipótesis precedente, porque aun suponiendo que el sol fuese constituído por rádium puro, es muy posible que los rayos $\gamma$, que son los más penetrantes, llegaran solamente en cantidad apreciable á la superficie de la tierra, y los demás rayos fueran completamente absorbidos en su camino al través de la atmósfera terrestre.

La explicación, pues, del origen del calor del sol, no ofrece dificultades insuperables, admitido el hecho muy probable de que este astro contiene en su masa sustancias tales como el rádium; y que él es el sitio de una desagregación y transformación de elementos que desarrollan una grande energía calorífica y luminosa. Según los cálculos de Mr. Wilson, la presencia de 3 gramos 0.6 decigramos de bromuro de rádium en cada metro cúbico de la masa solar sería suficiente para explicar la total energía del sol. El cálculo de este profesor es basado en los experimentos de los Sres. Curie y Laborde, que han encontrado que un gramo de bromuro de rádium emite cerca de cien calorías pequeñas por hora; y sobre las observaciones de Langley, de las que deduce que cada centímetro cuadrado de superficie solar, emite $8.28 \times 10^6$ calorías pequeñas por hora.

Universidad del Rosario | Archivo Histórico

El profesor Darwin calcula que la energía perdida por el sol y transformada en calor, suponiéndolo una esfera homogénea de masa $M$ de un radio $a$, y designando por $v$ la constante de gravitación, es de $\frac{3}{4}a \times \frac{M^2}{v}$

Esta fórmula da, sustituyendo en ella valores numéricos, una energía perdida correspondiente á $2{,}7 \times 10^7 M$ calorías, siendo $M$ expresado en gramos. Estos valores han sido adoptados por el Sr. Langley para sus cálculos; y juzga que este calor producido por el sol bastaría para mantener su radiación durante 12.000,000 de años.

Por otra parte, Mr. Rutherford ha calculado que la energía total que puede producir un gramo de rádium al destruírse, está comprendida entre $2 \times 10^9$ y $5 \times 10^{10}$ de calorías pequeñas.

Si se agrega á los cálculos precedentes las cantidades análogas de energía que se encuentran en los átomos químicos de los elementos inactivos que contiene el sol, que á la temperatura elevada de este astro puede producirse por su desagregación, es de suponerse que la desagregación completa de la masa solar, en las condiciones actuales, es capaz de conservar su energía un tiempo de 50 á 500 veces más largo que el que supone Lord Kelvin basado únicamente en consideraciones dinámicas.

## II

*En la tierra*, aunque en pequeña cantidad, se encuentra el rádium difundido en todos los objetos que nos rodean: en el suelo que pisamos, más profundamente en las rocas y minerales de variable composición elemental. La parte mineral de la corteza terrestre lo contiene asociado á muchos cuerpos, pero principalmente al uránium: actualmente se conocen cerca de treinta minerales de este metal que contienen rádium. El mineral llamado peschblenda, que significa piedra de pez, probablemente por su aspecto resinoso de color algo verde, es de los minerales de uránium,



el más abundante en rádium; y el que se explota hoy día para obtener este cuerpo; se le considera como un óxido de uránium impuro, pues su composición es muy compleja; en él se encuentran *molibdenum, vanarium, azufre, arsénico, silice, tugstenum, óxidos de manganesum, de fierro, de aluminio, de niquel, de cobre, de cobalto, de plomo, de bismuto, de magnesio, de calcio, de plata* y *rádium*. Como se ve, son muy numerosos los cuerpos con quienes están asociados el uránium y el rádium en la naturaleza mineral de nuestro globo; es, pues, permitido suponer, como muy probable, que en el centro de la tierra incandescente pueden estar asociadas estas dos sustancias á las materias ígneas en combinaciones más sencillas y más activas; y aun es posible que el rádium esté libre en la plenitud de su energía.

Nuestro suelo, pues, que ha sido formado en gran parte por la disgregación de las rocas primitivas y de los filones minerales, bajo las acciones geológicas, físicas y químicas, contiene también rádium aunque en pequeñas cantidades, así lo demuestran la radioactividad de la tierra que se manifiesta en experimentos convincentes practicados muy recientemente.

Respecto de la existencia del rádium en el interior de la tierra, el Sr. Edmundo Seux, miembro de la Sociedad Astronómica de Francia, opina de la manera siguiente:

"Puesto que se ha comprobado que en las partículas lanzadas por el rádium se encuentra hélium, relativamente en gran cantidad, análogo al que nos demuestra el espectroscopio, existe en la fotoesfera ó atmósfera del sol; y que se ha demostrado suficientemente que la tierra en su origen hacía parte de la nebulosa que debió de formar nuestro sistema solar, puede admitirse también que el interior de la tierra, sea que esté incandescente, líquida ó pastora, puede contener depósitos de rádium puro ó en combinaciones radiantes muy activas, en diversos lugares de sus cavidades y en cantidades suficientes para producir y man-

Rosario Archivo Histórico

tener, concurrentemente con el sol, el calor necesario para la vida del hombre, de los animales y de las plantas." Según el mismo astrónomo Seux, la existencia del rádium en el interior de la tierra explica los temblores, producidos por sacudidas verticales que obran del centro de ella á la superficie, con explosiones violentas y erupciones volcánicas, pues sin negarle al vapor del agua la influencia que pueda tener por su fuerte tensión en estos fenómenos, puede obrar también como causa la disgregación súbita y en grande extensión de los dépositos de rádium ó de otras materias radioactivas, que por la influencia de sales alcalinas, como las de las aguas del mar, se resuelvan instantáneamente en elementos más simples desarrollando una grande energía mecánica.

La presencia del rádium y de otras materias radioactivas en las aguas termales, tales como las llamadas indeterminadas de Bath en Inglaterra, viene en apoyo y le da un gran valor á la hipótesis de Mr. Seux; tanto más cuanto las aguas termales frecuentemente se encuentran próximas de los flancos volcánicos, en los que existe una acción ígnea interior cuya causa es aún desconocida.

## III

*La radioactividad de la atmósfera* es consecuencia de la existencia del rádium en la tierra de la que se desprenden emanaciones y rayos que se difunden en el aire atmosférico. Esto se comprueba por los hechos siguientes: se ha creído que el aire seco es mal conductor de la electricidad, pero los experimentos de los Sres. Elster y Geitel de una parte, y los del Sr. Wilson de otra, han demostrado que el aire atmosférico, aunque esté privado de humedad, siempre conduce ligeramente la electricidad; y que esta conductibilidad es atribuíble á radiaciones que atraviesan el espacio y hacen activa la atmósfera que los absorbe. Los señores citados han estudiado detenidamente este fenómeno y se han convencido que el aire atmosférico contiene siempre, además de sus elementos constitutivos, una pequeña cantidad de una emanación análoga á la emitida por los cuerpos radioactivos. ¿De dónde proviene esta radiación, y cuál puede ser la naturaleza de la sustancia que la produce? Los delicados experimentos de los Sres. Elster y Geitel han demostrado que el cuerpo radioactivo está en el suelo.



Hechos anteriormente observados señalan que el aire de los sótanos y de las grutas contiene una mayor proporción de emanación activa respecto de la que contiene el aire en la superficie del suelo; parece, pues, que esta emanación proviene de las paredes y del piso que rodean aquellos lugares. Un experimento sencillo comprueba esta suposición: basta sumergir un tubo á un metro de profundidad en el suelo, y por medio de un aspirador extraer el aire que se encuentre allí y someterlo á un examen comparativo. Este experimento, repetido en diferentes lugares, ha dado aire cargado de dicha emanación en proporciones variables, pero en cantidades mayores que la del aire libre. Está, pues, allí en la parte subterránea la fuente de la emanación que sale de las porosidades y grietas del suelo, y de las rocas que las contienen normalmente y se difunden en la atmósfera. Se comprueba una cantidad mayor de esta emanación radioactiva, cuando una disminución de la presión atmosférica, acusada por el barómetro, promueve la salida del aire contenido en el suelo.

En esta circunstancia del enrarecimiento de la atmósfera se encuentra ésta rica en emanación activa. Por el contrario, en la superficie del mar, donde el agua impide la salida de los gases, esta emanación es más débil que sobre la tierra firme: M. Curié ha demostrado que la emanación activa se disuelve en cantidad notable en el agua.

Todos estos hechos indican claramente que la tierra contiene un cuerpo radioactivo, y que de él emana la radioactividad del aire atmosférico. Respecto de cuál puede ser este cuerpo, Mr. Strutt, que ha analizado los depósi-

tos de materias que dejan las aguas termales de Bath, opina que el rádium que contienen es llevado por la corriente del agua caliente y que su presencia indica la existencia del rádium en cantidades notables en las profundidades del suelo. Examinado el petróleo bruto no refinado, después de su extracción de la tierra, se encuentra radioactivo. Es, pues, debida al rádium la actividad del aire atmosférico.

Por otra parte, el Profesor Dewar ha demostrado la presencia del hélium en los gases que se desprenden de las principales fuentes de Bath; este cuerpo se encuentra también en el aire atmosférico, y es sabido que lo produce la transformación lenta y espontánea del rádium.

Aunque no es cosa fácil el determinar directamente la naturaleza del cuerpo de que se trata, así diseminado, por la pequeña cantidad existente de materia activa, sin embargo, como consecuencia de los hechos expuestos, puede deducirse con certidumbre que es el rádium como hemos dicho ya. Además de esto, el método más sencillo para comprobar la naturaleza de esta emanación consiste en estudiar las propiedades comunicadas á otros cuerpos por las materias gaseosas ó sólidas de las aguas y de la tierra, en relación con la ley del decrecimiento de la actividad de aquellos cuerpos.

Los Sres. Elster y Geitel, que han practicado medidas de este género, encontraron una concordancia que satisface á la ley de decrecimiento de la actividad adquirida inductivamente por los cuerpos bajo la influencia de las sales de rádium. En conclusión, según toda probabilidad son cantidades infinitamente pequeñas de rádium esparcidas en todas partes la fuente de la radiación activa del aire que contienen las porosidades de la tierra, como también la del aire atmosférico libre que respiramos.

Liborio Zerda
Consiliario y Catedrático de Física

Universidad del Rosario Archivo Histórico