



A DON K. NEWMAN



Esta conferencia sobre el descubrimiento del Dr. Roentgen es una sencilla compilación de las observaciones i esperiencias que hemos juzgado mas exactas o en conformidad con los principios jenerales de la electricidad. Apesar de lo modesto de este trabajo, queremos dedicarlo a Ud., distinguido amigo, en testimonio de sincero aprecio.

LUIS L. ZEGERS.

Santiago, 16 de noviembre de 1897.

LOS PROGRESOS DE LA ELECTRICIDAD I EL DESCUBRIMIENTO DEL PROFESOR ROENTGEN



(Conferencia dada por don Luis L. Zegers en el Laboratorio de Física Jeneral de la Universidad, la noche del día 16 de noviembre de 1897.)

SEÑORES:

Deferimos gustosos al deseo que nos han manifestado algunas personas de ver experimentalmente cómo se obtienen i cómo se aplican las nuevas radiaciones descubiertas por el ilustre profesor de física de la Universidad de Wurtzbourg.

Esta circunstancia nos anima, aunque con temor de no ser



A DON K. NEWMAN

—53—

Esta conferencia sobre el descubrimiento del Dr. Roentgen es una sencilla compilación de las observaciones i esperiencias que hemos juzgado mas exactas o en conformidad con los principios jenerales de la electricidad. Apesar de lo modesto de este trabajo, queremos dedicarlo a Ud., distinguido amigo, en testimonio de sincero aprecio.

LUIS L. ZEGERS.

Santiago, 16 de noviembre de 1897.

LOS PROGRESOS DE LA ELECTRICIDAD I EL DESCUBRIMIENTO DEL PROFESOR ROENTGEN

—54—

(Conferencia dada por don Luis L. Zegers en el Laboratorio de Física Jeneral de la Universidad, la noche del día 16 de noviembre de 1897.)

SEÑORES:

Deferimos gustosos al deseo que nos han manifestado algunas personas de ver experimentalmente cómo se obtienen i cómo se aplican las nuevas radiaciones descubiertas por el ilustre profesor de física de la Universidad de Wurtzbourg.

Esta circunstancia nos anima, aunque con temor de no ser

concisos, a presentar en un resumen que necesariamente será incompleto, el sitio que en el dominio de los fenómenos eléctricos corresponde al descubrimiento del Dr. Roentgen.

Esto es mas difícil de lo que a primera vista parece, porque todo está relacionado en la naturaleza, i ésta a cada paso se nos presenta sin fronteras definidas o límites bien demarcados. Todo procede en la naturaleza por gradaciones, por transiciones; tiene ella horror a las afirmaciones o negaciones categóricas i por esto desconcierta a los físicos i a los matemáticos que en vano buscarian el carácter absoluto o invariable de los objetivos de su ciencia.

La electricidad data a lo ménos del período de la antigüedad clásica, pero no encontró verdadera acogida hasta el siglo XVIII. En esa época se multiplicaron los experimentos, aunque con cierta confusion al principio, porque los fenómenos mas importantes fueron descubiertos casi a la vez. Sin embargo, el órden fué estableciéndose gradualmente. Al descubrimiento de la conductibilidad de los diversos medios sucedió el de las dos clases de electricidad i en seguida el de la condensacion. Cuando se empezaba a entrever que por medio de la electricidad se podrian quizas transmitir los sonidos a la distancia, de Romas i Franklin demostraron la identidad entre el rayo i las chispas eléctricas. Apénas Coulomb hubo demostrado que la accion recíproca de los cuerpos electrizados i de los imanes era la misma que la de la gravitacion universal, se creyó que nada quedaba por descubrir. Aplicáronse a la nueva ciencia métodos matemáticos tan perfectos como los usados por los astrónomos, resultando de esto que si no todos los fenómenos, al ménos gran número de ellos, pudieron ser deducidos por el simple cálculo.

El descubrimiento de la pila hecho por Volta a comienzos del siglo actual, produjo una verdadera explosion de entusiasmo; pero como siempre hubo entónces espíritus obsecados que creyeron que el progreso humano habia alcanzado límites infranqueables en esta ocasion.

En una historia del Galvanismo publicada en 1805, poco co-

nocida en nuestros días—quién de nosotros podría acariciar la esperanza de ser leído al cabo de un siglo!—el autor, contestando a los que creían que la historia no debe hacerse sino cuando puede publicarse absolutamente completa, consigna las siguientes palabras:

.....“Si nuevos materiales nos compelen a publicar una segunda parte, como contendrá ésta nuevas materias distintas de las contempladas en la primera, será útil i con toda probabilidad nos permitirá concluir la historia del Galvanismo, cuyo agotamiento está mas cercano de lo que jeneralmente se cree.”

En verdad que fué una desgraciada predicción la de este autor; él mismo vióse obligado a agregar una segunda i una tercera parte a su historia, i cuántas desde entónces habria tenido que agregarle hasta hoy!

Mejor profeta fué Bonaparte. Cuatro años ántes, el 16 de Brumario del año 10, despues de haber oido en el Instituto de Francia una memoria de Volta sobre la pila, se impresionó con la idea de que sería honorífico para la Francia fundar un premio para “el mas interesante escrito sobre esta rama de la física que parece abrir el camino a grandes descubrimientos”. Tal es el orígen del premio Volta accesible a los hombres de ciencia de todos los países.

Los progresos se alcanzan en la ciencia periódicamente, cuando un experimento feliz o una esplosion de jénio acarrear un cambio en sus confines. I tanto es así que veinte años pa-

saron, desde que Volta descubrió la pila, hasta que se comprobaba que el conductor de cobre que se emplea para conectar los dos polos de la pila es el sitio de fenómenos característicos. El descubrimiento de Ørsted, i las inmortales investigaciones de Ampère establecieron una estrecha relacion entre la electrici-



Volta

dad i el magnetismo: se vió que el fierro se imantaba por las corrientes i resultó de esto el telégrafo eléctrico.

Fué aquella una época de caós para la ciencia de la electricidad. Miétras se pudo independizar un fenómeno de otro, los físicos imaginaron teorías especiales para cada uno de ellos i así salian del paso. Los fluidos, esos agentes metafísicos lo esplicaban todo. Despues de inventar el fluido calórico no costó muchos esfuerzos imaginar los dos fluidos eléctricos i los dos fluidos magnéticos, sin contar los fluidos neutros que se necesitaron para esplicar aquellos ni el éter, que llenando el espacio, debía servir de medio para la trasmision de la luz.

Ahora bien, una filosofía verdadera no puede estar basada en una multitud de entidades independientes, cuando la esperiencia nos hace ver que los diversos fenómenos no son independientes ni obedecen a causas inmediatas de ellos solos. De aquí que Ampère, espíritu superior, sujiriese la idea de que habia llegado el momento de apelar a la intervencion del solo fluido que ocupa todo el espacio para esplicar las acciones de las fuerzas que actúan entre los conductores atravesados por corrientes eléctricas.

Este agente denominado éter, continuará siendo, si se quiere, un misterio, denominacion ésta peculiar a la electricidad, misterio como lo son tambien la gravitacion universal, el calor, la constitucion de los cuerpos, la luz, la electricidad, el magnetismo, la vida... todos misterios con los cuales la ciencia se encuentra a cada instante cara a cara.

La verdad es que estamos reducidos al estudio de las leyes experimentales, a poder relacionarlas con otras de un carácter mas jeneral; pero con poca o sin ninguna posibilidad de poder penetrar en la íntima estructura del Universo.

Uno de los grandes jenios de nuestros días ha podido decir, pues, con razon. «Digaseme lo que es la electricidad i yo les esplicaré todo lo demas».

Apénas Ampère hubo creado la electro-dinámica abriendo inesperados horizontes a la ciencia de la electricidad, Fresnel, el Newton frances, escribia al primero lo siguiente: «Al ver que un cilindro de acero se inanta cuando circula una corriente eléctrica en una hélice metálica que lo envuelva, parece natural su-

poner que un imán debe producir una corriente voltaica en la susodicha hélice. Aunque esto no sea, a primera vista, una consecuencia forzosa, no obstante me imagino que valdria la pena de tentar el experimento».

Ampère lo hizo; no tuvo éxito, pero sin embargo, sus notas a la Academia, sus opiniones transmitidas por tradición en los laboratorios franceses, todo hace ver que pensaba como el ilustre Fresnel i que si los resultados experimentales no confirmaron las previsiones justamente fundadas, ello debe atribuirse a errores de detalle

que desgraciadamente bastan para hacer fracasar un experimento.

Mui poco despues que Ampère, Daniel Colladon, último vástago de una jeneracion de sabios, intentó la misma experiencia acercando un enérgico imán a una hélice de cobre en cuyo circuito habia intercalado un galvanómetro. Es digno de notarse que Colladon instaló el instrumento en una sala vecina a aquella en que experimentaba; de manera que despues de acercar el imán a la hélice se dirijia a observar el galvanómetro i probablemente lo hacia sin apresurarse, porque siempre encontró inmóvil la aguja.

Al saber posteriormente que se habia descubierto la induccion, Colladon exclamó: «No habia sospechado que la induccion



Fresnel



Ampère

debiera ser solo instantánea; si hubiera tenido un ayudante habría podido comprobar el fenómeno que se buscaba».

Se ha dicho alguna vez que las corrientes de inducción son los centinelas encargados de proteger el principio de la conservación de la energía. Nada se puede producir sin un gasto equivalente de energía. El fracaso de Colladon provino a no dudarlo de haber olvidado ese principio, base fundamental de la física moderna.

Cuando Arago demostró prácticamente que un disco de cobre amortigua las oscilaciones de un imán i que un medio conductor en movimiento atrae un imán, pudo decirse que habían sido descubiertas las corrientes de inducción.

No obstante i para que se juzgue hasta qué punto es difícil echar las bases de un descubrimiento, debemos recordar aquí una anécdota que oímos referir en Europa. Mostrando el brillante profesor Pouillet, en una conferencia hecha en aquel tiempo en París, las propiedades de un poderoso electro-imán, rompió violentamente con sus manos el circuito para hacer patente la desimantación. Pues bien, en el mismo momento Pouillet recibió un terrible choque que lo derribó.

Hoy sabemos que el físico francés había sido víctima de una extra-corriente de ruptura.

Las esperiencias ejecutadas, pues, ántes de la época de Faraday confirman nuestras anteriores apreciaciones. Lo desconocido se presenta siempre lleno de obstáculos i nada mas difícil que intentar llevar a la práctica los preceptos de los filósofos por eximios que éstos parezcan.

Las corrientes de inducción fueron previstas ántes de ser encontradas i se encontraron ántes de ser vistas. No es raro ver fracasar en esta lucha a las inteligencias mas privilegiadas.

Si Ampère no descubrió las corrientes de inducción, tiene por otra parte, como lo ha dicho muy bien nuestro eximio maestro M. Mascart, títulos sobrados para ocupar un lugar preeminente en la historia de la ciencia (*).

Ampère lo mismo que Faraday, vivió en un mundo de no-

(*) Discurso de M. Mascart, presidente de la «Association Française, pour l'avancement des Sciences», en el Congreso de Caen, en 1894.

ciones mui peculiares. Fué un hábil experimentador que supo interpretar los fenómenos en concordancia con lo que él juzgaba mas conforme con la naturaleza: fué, en una palabra, personalísimo en sus investigaciones. «No me preguntéis, decia frecuentemente i con sincera modestia a los que lo interrogaban sobre sus trabajos, ésto buscando absurdos».

Alguien ha dicho que, como las corrientes de induccion son una consecuencia de leyes mas jenerales, debieron haber sido encontradas mucho ántes. Nosotros contestaremos a esto que la presciencia es fácil, como lo es una segunda intencion.

Las corrientes de induccion son de un uso universal; son la llave de las aplicaciones industriales de la electricidad: el teléfono, los dinamos derivan de ellas; parece aun que concuerda su desarrollo en nuestro globo con las perturbaciones que incessantemente se verifican en la masa del Sol. De este modo podemos presentir a traves del vacío del espacio, sino una celestial armonía, al ménos el eco de los terrificos fenómenos de que es sitio el centro de nuestro sistema planetario.

El estudio racional de la influencia eléctrica se debe a Faraday, como asimismo la nocion de las líneas de fuerza, fruto de ese estudio. Sin escribir una sola ecuacion, Faraday demostró



Mascart



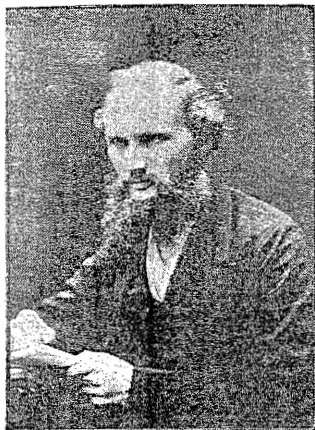
Faraday

nos centímetros, es decir, cien mil veces de mayor longitud que las de la luz.

La ciencia acepta; pues, la existencia de un medio contínuo, elástico, homogéneo que ocupa el universo, que trasmite el calor, la luz, la electricidad i las demas formas de la enerjia de un punto a otro. La concepcion de la real existencia de este éter es uno de los grandes acontecimientos científicos de nuestra época. No podemos aislarlo, individualizarlo—si fuera posible emplear esta espresion—pero podemos decir con lord Salisbury que el éter es la razon de ser del verbo «ondular». Debemos contentarnos con aceptar que ha sido creado para transmitir la enerjia; que la trasmite bajo forma de ondas definidas, con una velocidad que se puede medir; que por su naturaleza es perfecto; que es, por último, tan indescifrable como son la pesantez i la vida.

Una perturbacion cualquiera en el éter tiene por orijen otra correlativa en la materia. Si en la foto-esfera del Sol se produce una esplosion, un ciclón, es decir, un movimiento vibratorio, en el instante mismo un movimiento ondulatorio se producirá en

el éter, i se propagará en línea recta a través del espacio. Toda máquina humana o mecanismo capaz de responder a esas ondulaciones, indicará la existencia de la onda. Así, el ojo da la sensacion de la luz, la piel la del calor, el galvanómetro señala la electricidad, como el magnetómetro las perturbaciones que se producen en el campo magnético terrestre. El ojo animal es sensible a una série de ondas, el ojo eléctrico, nombre dado por lord Kelvin al resonador de Hertz, es sensible a otra série.



Lord Kelvin

Cuando la electricidad está almacenada al estado potencial en las moléculas dieléctricas del aire, del vidrio, de la gutaper-

cha, por ejemplo, esas moléculas se encuentran como inmobilizadas, se hallan cargadas, como se dice, creando a su alrededor un *campo eléctrico*. Cuando éste es activo o cinético en un circuito se le denomina corriente. Cuando mantenemos una corriente en un conductor, se le tiene cinético i potencial a la vez; el medio cercano toma entónces un estado de tension que forma lo que llamamos *campo magnético*.

En el primer caso las cargas pueden experimentar variaciones i exitar ondas eléctricas que se propagan hácia lo largo de las líneas de fuerzas eléctricas; en el segundo caso, la corriente puede aumentar o disminuir en intensidad, puede tambien cambiar de sentido periódicamente i enjendrar ondas magneto-eléctricas.

Las primeras, las ondas eléctricas de Hertz, han sido utilizadas por Marconi para comunicar a la distancia sin conductores. Preece ha hecho lo mismo sirviéndose de las ondas electro-magnéticas.

El inesperado descubrimiento del profesor Roentgen, de trascendental importancia científicamente considerado, presenta al mismo tiempo un interes universal si se atiende a la posibilidad que hoi tenemos de fotografiar los objetos invisibles i aun de poder estudiar el interior de nuestro organismo.

Las radiaciones luminosas se deben, como lo hemos dicho, a las vibraciones trasversales del éter.

Si nos fijamos en el número desus vibraciones por segundo i en las lonjitudes decrecientes de sus ondas, encontramos las oscilaciones hertzianas en la porcion inferior de esta armónica gama, oscilaciones que, como acabamos de decirlo, pueden verificarse con lonjitudes de onda



Roentgen

relativamente grandes, comprendidas entre seis metros i dos centímetros.

Vienen en seguida los rayos invisibles infra-rojos o calóricos, despues los rayos visibles rojos, anaranjados, amarillos, verdes, azules, violáceos i en fin los rayos invisibles ultra-violáceos que nos revela la accion fotográfica.

La acústica nos permite familiarizarnos con estas nociones, que indudablemente presentan ciertas dificultades a los neófitos en el estudio de las ciencias físicas.

El movimiento ondulatorio de los gases, como el aire, merced al cual se propagan las ondas sonoras que llegan a nuestro oido, casi podria decirse que se puede ver, gracias a un sinnúmero de esperimentos. El físico mide el número de vibraciones correspondientes a un sonido dado i su largo de onda con la misma sencillez con que procede a las mediciones mas elementales.

La comparacion de los fenómenos acústicos con los luminosos, por ejemplo, ha hecho ver que los sonidos bajos, caracterizados por un pequeño número de vibraciones i grandes largos de onda corresponden, en la gama luminosa, a las radiaciones rojas i que la notas altas, agudas, resultado de un gran número de vibraciones i pequeño largo de onda a las radiaciones violáceas o ultra-violáceas o sea a los rayos mas refrinjentes de que consta la luz blanca del Sol.

El mecanismo de la propagacion del sonido en el aire esplica el de la propagacion de la electricidad i de la luz en el éter. Solo que en el primer caso las vibraciones de las partículas o moléculas gaseosas son lonjitudinales o en el mismo sentido de la propagacion del sonido, miéntras que en el segundo esas vibraciones son trasversales. Pero nada obsta a que el éter sea susceptible de vibrar tambien lonjitudinalmente. Durante largo tiempo se ha creído que la propagacion de la induccion electro-magnética era instantánea; quizá se mostrará algun dia que la induccion electro-estática se propaga con una velocidad finita, circunstancia ésta que acarrearía la existencia de ondulaciones lonjitudinales. Ya lord Kelvin ha indicado qué esperimentos podrian hacerse para salir de dudas a este respecto.

Todo el mundo sabe que un mismo cuerpo no es igualmente transparente a las diversas radiaciones. Un vidrio rojo deja pasar

los rayos rojos e intercepta los verdes, i un vidrio verde no detiene a los verdes pero sí a los rojos; precisamente por esta razon uno es rojo i verde el otro.

Pero un vidrio perfectamente incoloro por el cual pasan todos los rayos visibles, será por lo jeneral opaco para los rayos de calor o infra-rojos i para los rayos ultra-violáceos.

Por el contrario, la plata que es opaca para los rayos visibles es bastánte trasparente a ciertas luminarias ultra-violáceas, de suerte que se han podido fotografiar objetos encerrados en una caja de vidrio plateado perfectamente ocultos a nuestros ojos.

En una palabra, la opacidad, la transparencia i la absorcion mas o ménos grandes dependen de la naturaleza de los cuerpos i de la luz que sobre ellos irradiamos.

De esta manera nos podemos explicar el fenómeno de la coloracion que presentan los diversos cuerpos en circunstancias determinadas.

No debe, pues, sorprendernos que si se descubren nuevos rayos puedan éstos atravesar ciertos cuerpos que tenemos el hábito de considerar opacos.

Existen algunas sustancias denominadas fosforescentes o fluorescentes que emiten cuando han sido espuestas a la luz ciertas radiaciones, que no habrian emitido por sí mismas, sin absorber ántes enerjía del exterior. Son verdaderos manantiales de luz a pesar de la no intervencion del calor.

Prescindiendo de los casos en que la fosforescencia es producida por seres vivientes i de aquellos en que este fenómeno está ligado a una accion química o mecánica, parece que fué observada la fosforescencia por primera vez a comienzos del siglo XVII por un artesano de Bolonia, Calciarolo, el cual descubrió que una piedra mui densa, despues de calcinada i espuesta al Sol, tenia la propiedad de quedar luminosa durante algun tiempo. Era el sulfato de barita que calcinado con carbon se transforma en sulfuro de bario.

Entre las muchas teorías que se han propuesto para explicar estos fenómenos, es digna de ser notada la de Boisbaudran que cree que la fluorescencia es debida a ciertas materias activas ó absorbentes que contendrian las masas inertes o transparentes de algunos cuerpos. El hecho es, sinembargo, que no

existen relaciones directas entre la naturaleza de las radiaciones incidentes i la de las radiaciones que se desprenden de los cuerpos fosforescentes. No obstante, puede decirse de una manera jeneral, que las radiaciones provocadas en las sustancias fosforescentes son ménos refrinjentes que aquellas a las cuales se debe la produccion del fenómeno. Tal es la lei física llamada *lei de Stokes*.

Volviendo a la cuestion, debemos decir que miéntras el brillo fosforescente persiste durante un tiempo apreciable, despues que se ha estinguido la luz exitatriz, la fluorescencia es instantánea. Son fluorescentes entre muchos otros cuerpos los súlfuros de zinc, de calcio, las saies de urano, el tungstato de calcio i el platino-cianuro de bario.

Si tomamos un tubo provisto de dos eléctrodos de platino, soldados en el vidrio i los ponemos en comunicacion con los dos polos de un carrete de Ruhmkorff i hacemos pasar la descarga, veremos diversos fenómenos segun sea la presion del aire contenido en el tubo o si se quiere, segun sea el grado de vacío.

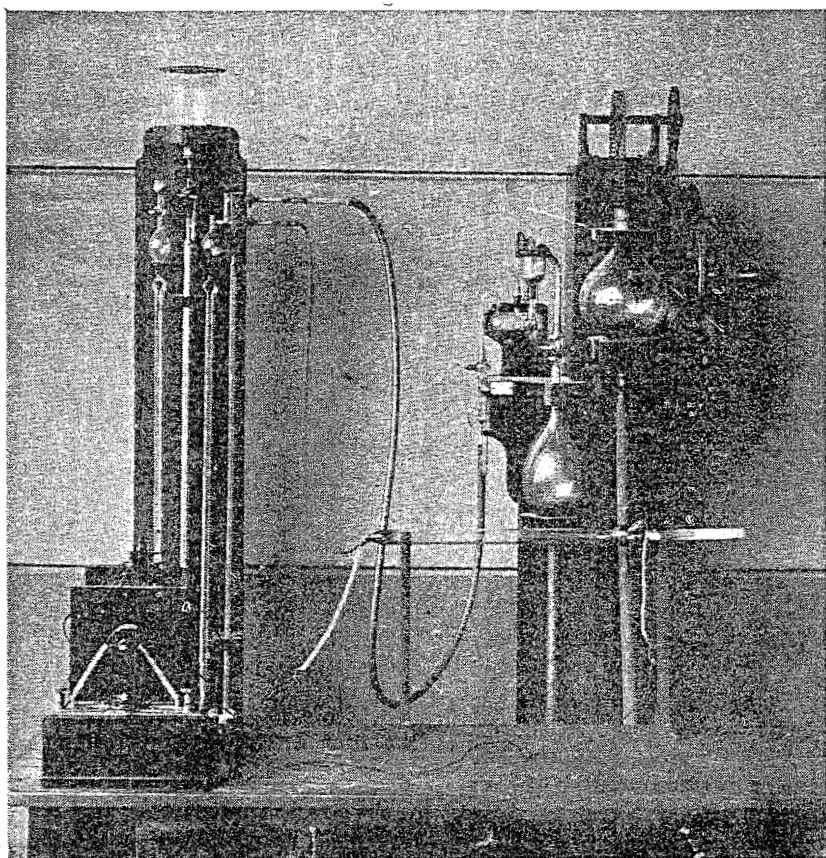
A la presion ordinaria la corriente no pasa porque, como sabemos, el aire es un mal conductor; si aumentamos el vacío a $\frac{1}{10000}$ aproximadamente, se tiene el tubo de Geissler, la corriente pasa entónces, i el espacio comprendido entre los dos eléctrodos se trasforma en una columna luminosa de una coloracion rosada violácea, jeneralmente estratificada; el eléctrodo negativo o *catodo* se ve rodeado de un pequeño espacio oscuro.

Si todavía es mas perfecto el vacío, disminuye en lonjitud la columna luminosa i el espacio oscuro se agranda. Cuando la presion baja a $\frac{1}{100000}$ o a $\frac{1}{1000000}$ el espacio oscuro ocupa casi todo el tubo, i se tiene entónces lo que llamamos un tubo de Crookes. En este momento el vidrio se ilumina, tomando hermosos colores que dependen de su composicion.

En fin, si llevamos aun mas léjos el vacío, cesa la corriente i todos los fenómenos luminosos desaparecen. Para observar bien esta série de transiciones, es necesario relacionar el tubo con una bomba de mercurio e ir haciendo el vacío en él progresivamente miéntras hacemos pasar la corriente.

De aquí los tres grados de vacío: el vacío de Geissler, el vacío de Crookes i el vacío aislador.

Es evidente que la descarga eléctrica por sí misma, no puede ser el agente que provoca la fluorescencia en el tubo de Crookes, puesto que la corriente no toca el tubo; lo que vemos es que este agente se propaga en línea recta, desde el cátodo al



Tubo provisto de electrodos en conexion con bombas de mercurio i un carrete de Ruhmkorff

muro opuesto de vidrio. En efecto, si interponemos en su trayecto un objeto sólido, éste la detiene i el objeto interpuesto proyecta sobre el muro iluminado del tubo una sombra negra,

semejante en todo a la que se produciría si el catodo fuese un manantial luminoso.

Por lo tanto, la propagacion de este agente desconocido no se parece a la de una corriente líquida o eléctrica que contornearía los obstáculos, ni a la del calor a través de los cuerpos conductores; es rectilínea como la de un rayo luminoso i de aquí el nombre que con razon se le ha dado de rayos catódicos.

Observando cuidadosamente el fenómeno, se ve que esos rayos parten de la superficie del catodo. Aparecen con la descarga eléctrica, i sin ella no existen; pero son enteramente distintos de esta descarga que, como sabemos, sigue jeneralmente un trayecto curvo entre el anodo i el catodo.

Si se somete un tubo a la accion de un iman, los rayos catódicos se desvian lo mismo que una corriente eléctrica i dejan de ser rectilíneos.

Hemos visto que el vidrio se pone fosforescente en los puntos en que es herido por los rayos catódicos; el aire se ilumina tambien bajo su accion i débese a ésta la débil vislumbre azulada que se percibe en el trayecto de los rayos catódicos i que es necesario no confundir con esos rayos.

Los rayos catódicos, poseen, por lo tanto, la propiedad de provocar la fosforescencia i en un grado mui intenso.

Muchas sustancias que apenas lucirian bajo la influencia de la luz, se iluminan brillantemente por la accion de los rayos catódicos. Un simple trozo de cal, las piedras preciosas, ciertas tierras, ofrecen un espectáculo deslumbrador.—Observemos que precisamente su existencia nos ha sido revelada por estas propiedades.

Hertz demostró que los rayos catódicos pueden pasar a través de una hoja de aluminio mui delgada. Lenard, su discípulo, intentó el experimento practicando una ventanilla en un tubo de Crookes i cubriéndola con una hoja de ese metal. Así pudo estudiar la propagacion de esos rayos en otros medios, diferentes del vacio de Crookes, en el aire por ejemplo o en el vacio que acabamos de llamar vacio aislador.

Lenard pudo comprobar así que los rayos catódicos en el aire, a la presion ordinaria, se difusan en todos sentidos, como sucede con la luz que penetra en un medio trasluciente tal co-

mo la leche; en el vacío se propagan rectilíneamente i se desvian por la acción de un imán. Además, así como hai rayos luminosos de diferentes colores, así también pudo comprobar el discípulo de Hertz, que existían diversas especies de rayos catódicos desigualmente desviables por un imán.

Los ingleses esplican estos fenómenos suponiendo que las partículas gaseosas del aire rarificado, que contiene el tubo de Crookes, se cargan negativamente en contacto con el cátodo, siendo en el acto violentamente por él repelidas. Estas moléculas electrizadas i animadas de una gran velocidad, bombardearían el vidrio, producirían su iluminación, sin que pudiera detenerlas en su camino el medio rarificado que atraviesan.—Esta corriente material sería al mismo tiempo una verdadera corriente eléctrica, puesto que las moléculas que la componen están cargadas de electricidad. Por esta razón se desvian por un imán.

Los alemanes prefieren ver en los rayos catódicos fenómenos ondulatorios; para los unos serían esos rayos luz *ultra-ultra-violeta*, es decir, de muy pequeño largo de onda; para otros deberíanse a vibraciones longitudinales del éter.

El hecho es que la verdadera explicación se hace aun esperar.

Habiendo encerrado el profesor Roentgen un tubo de Crookes en una caja de cartón negro i operando en la oscuridad notó que una pantalla fluorescente de platino-cianuro de bario, se iluminaba en el instante de poner en actividad el tubo.

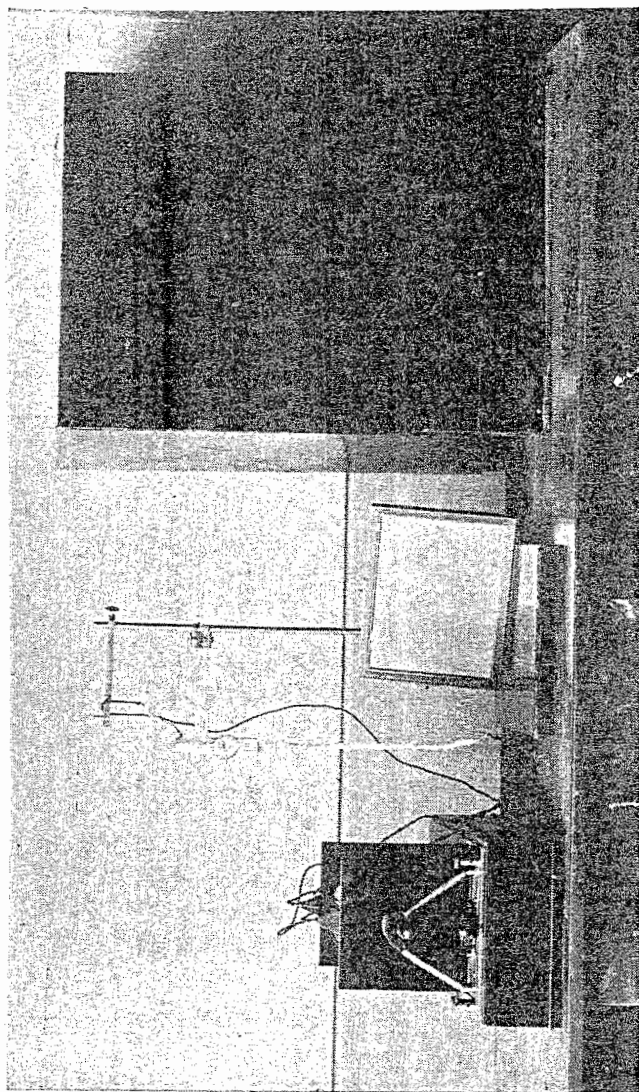
Como esta fluorescencia no podía provenir de la luz verde emitida por el tubo, desde que éste se encontraba en un recinto completamente opaco para esa luz, el sabio profesor dedujo que debía existir un nuevo agente que emanaba del tubo, capaz de atravesar el cartón i de provocar la fluorescencia en ciertos cuerpos.

Habia descubierto los rayos X.

Sirvióle en este descubrimiento una feliz casualidad como las que muchos encuentran sin hacer alto en ellas; casualidades de las que sólo los más hábiles i perspicaces saben sacar partido.

Roentgen no tardó en ver que estos nuevos rayos atravesaban todos los cuerpos mucho mejor que la luz. Todas las sustancias son transparentes para ellos aunque desigualmente; la

madera, el diamante i casi todos los cuerpos orgánicos son muy transparentes.



Tubo de Crookes, carro de Euhmkerff, pantalla fluorescente i caja de carton para cubrir el tubo

Los músculos de los animales se dejan atravesar mejor que los huesos i gracias a esta diferencia se han podido hacer importantes aplicaciones.

El vidrio de Bohemia es mucho mas trasparente que el cristal.—En fin, entre los metales el aluminio es bastante trasparente i el plomo i sobre todo el platino son casi opacos.

Los cuerpos relativamente opacos colocados en el trayecto de los rayos X proyectan sombras en la pantalla fluorescente que nos permiten estudiar el camino que siguen estas radiaciones. De esta manera se ha visto que es rectilíneo, circunstancia que justifica tambien el nombre de *rayos* que han recibido.

Los rayos Roentgen impresionan una plancha fotográfica sustraída de la luz ordinaria por medio de un envoltorio de papel negro. Tal es el orígen de una de las mas preciosas aplicaciones de estas nuevas radiaciones.

No podria afirmarse todavia de una manera categórica si los rayos X obran directamente sobre la plancha fotográfica o si a causa de la fluorescencia que producen ésta ilumina el vidrio o la jelatina produciendo así una accion química. Sin embargo, parece mas probable la primera hipótesis.

Valiéndonos de una cámara oscura, opaca para los rayos X, se puede comprobar que estas radiaciones emanan de la rejion del tubo herida por los rayos catódicos, rejion que se ilumina de verde o azul, segun la naturaleza del vidrio. El choque de los rayos catódicos en el vidrio produce a la vez rayos luminosos i rayos Roentgen invisibles. Los dos fenómenos son *simultáneos* o del mismo orden.

La emision de rayos X es una verdadera fluorescencia; los rayos catódicos la producen fácilmente, porque como hemos visto, tienen un poder excitador escepcionalmente intenso. Pero debemos observar aquí que todos los cuerpos sólidos heridos por los rayos catódicos emiten rayos X, mientras que no todos se hacen fluorescentes. El platino, verbigracia, que no emite luz visible, fácilmente produce rayos Roentgen.

Los rayos Roentgen no son rayos catódicos desde el momento que no se reflejan, no se refractan ni se desvian por la accion de un iman. Tampoco se han podido observar en ellos los fenómenos de difraccion tan fáciles de producir con los rayos luminosos

El tiempo nos falta para entrar en todos los detalles de las experiencias que se han hecho para comprobar los fenómenos que hemos enumerado; sólo agregaremos que los rayos X ejercen acciones eléctricas muy peculiares. Parece, en efecto, que el aire deja de ser aislador en los puntos en que es atravesado por estos rayos; por medio de los rayos Roentgen se puede descargar un conductor haciendo pasar un haz de ellos hasta unos cuarenta centímetros de su superficie.

Nos encontramos, como se ve, en un campo hasta hace poco completamente ignorado, cuya variedad de efectos ni siquiera sospechábamos, quizás como el que ofreciera la luz ordinaria a un hombre incapaz de distinguir los colores.

A pesar del sinnúmero de experimentadores que hoy intentan penetrar en este nuevo campo abierto por Roentgen, queda mucho por descubrir o aclarar. ¿Por qué hay rayos X que penetran los músculos como si éstos no existieran i otros para los cuales son tan opacos como los huesos? Un tubo de Crookes, por ejemplo, emite los primeros a la temperatura ordinaria i los otros a temperaturas superiores a 25° C.

Como esta luz atraviesa los cuerpos opacos, es un elemento precioso de investigación que ha dado origen a las más variadas aplicaciones. Se comprende, en efecto, el partido que podrá sacar el cirujano, por ejemplo, de este auxiliar que permite ver el esqueleto o percibir un cuerpo extraño alojado en el organismo.

Como sucede siempre, después de los primeros momentos de entusiasmo ha habido momentos de decepción. El tiempo muy largo que requerían las radiografías, la dificultad que presentaba el manejo de los aparatos i hasta el subido precio de éstos han sido obstáculos que muchos han considerado insuperables.

Pero poco a poco el camino se ha ido allanando. Hoy las radiografías se pueden obtener en minutos, casi en segundos de tiempo; graduando convenientemente la intensidad de la corriente, evitando la elevación de temperatura i valiéndonos de interruptores rápidos se pueden obtener efectos sorprendentes.

Como los rayos X no se refractan, no es posible, tampoco, producir por medio de ellos, como con los rayos luminosos, imágenes reales de los objetos; en el fenómeno de la radiografía



Mano inflamada i trozo de una aguja en el dedo anular. - Radiografía hecha en el Laboratorio de física general de la Universidad en 3 minutos próximamente

no se forma una verdadera imájen, sino sombras que no se pueden poner en foco.

La óptica jeométrica nos hace ver que toda sombra está rodeada de una penumbra que es tanto mas estrecha i de mas definidos contornos, cuanto mas pequeño es el manantial luminoso, cuanto mayor es la distancia al objeto i menor la del objeto a la pantalla.

No siendo posible aumentar en la radiografía la distancia del manantial al objeto, ni disminuir a voluntad la distancia de éste a la plancha fotográfica, si se necesita atravesar espesores algo considerables, es necesario para dar nitidez a la imájen, reducir en lo posible las dimensiones de la porcion del tubo herida por los rayos catódicos, que, como hemos dicho, constituye el manantial de rayos Roentgen.

Con este propósito se da al catodo la forma de un casquete esférico. De esta manera los rayos catódicos siguen un camino normal a la superficie esférica i concurren necesariamente en el centro de la esfera, que se coloca lo mas cerca que se pueda de la ampollita de vidrio. Pero, con esta disposicion los rayos catódicos caldean el vidrio, éste pierde su virtud fluorescente, i aun se puede reblandecer i romper.

Evítanse estos inconvenientes empleando los "tubos focus," cuyo catodo tiene la forma de un espejo esférico cóncavo i el anodo es una planchita de platino, colocada en el centro de la superficie esférica del espejo. Con esta disposicion el platino emite rayos X, espuesto como queda a la accion de los rayos catódicos. La experimentacion hace ver que de este modo el platino emite rayos X en todas direcciones, lo que se explica si se atiende a que la transparencia del platino para los rayos Roentgen escitados, aunque débil, es mucho mayor que para los rayos catódicos exitadores.

Tendríamos que detenernos mucho mas si quisiéramos describir algunos de los tubos, de vidrio o de metal, de simple o de doble foco que actualmente se emplean con éxito en la técnica de la radiografía. Este tema podria dar materia para algunas conferencias. Sólo agregaremos en este momento que en la aplicacion de los rayos Roentgen se utiliza tambien la vision directa, sin fotografia, empleando una simple pantalla fluorescente.

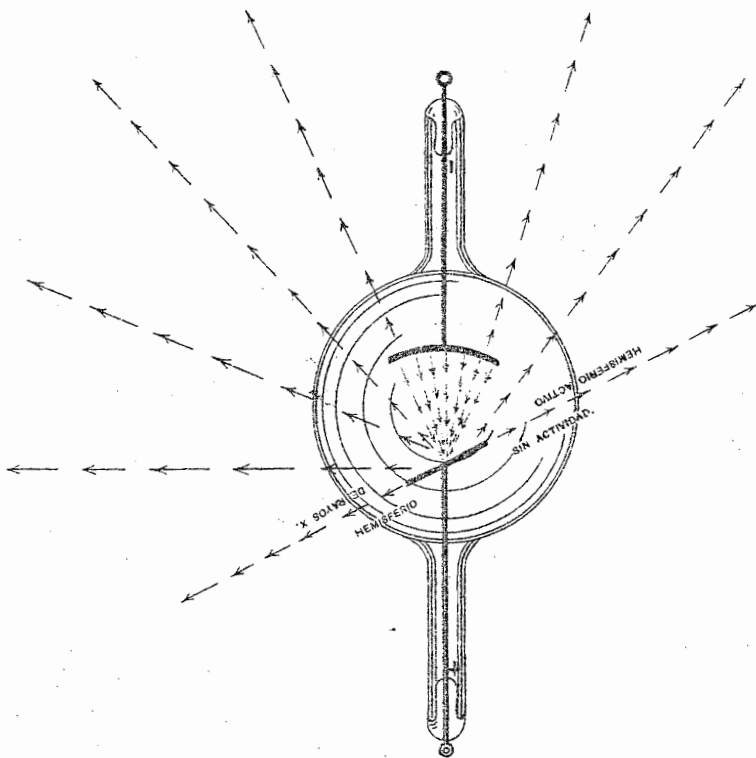


Diagrama de la producción de rayos X (encarnado), por la acción de la corriente catódica (azul), sobre el anti-catodo.

El aparato denominado *fluoroscopio* o *cryptacopio* no es sino la reproduccion del primer experimento de Roentgen. Sólo es nuevo el nombre.

En vez de emplear el platino-cianuro de bario como cuerpo fluorescente, algunos se valen del platino-cianuro de potasio, como Silvanus Thompson o del tungstato de calcio como Tomas Alba Edison.

Al lado de la fluorescencia visible tenemos hoy, pues, la fluorescencia invisible. Gracias al descubrimiento del profesor Roentgen, el hombre ha conseguido adquirir la facultad que los antiguos atribuian al *lince*: la de ver a traves de los muros.

SEÑORES: Todos estos progresos son de ayer. Nadie podria prever hoy las sorpresas que guarda el futuro; pero sean cuales fueren las maravillas que nuestros descendientes descubran, nosotros creemos i seguiremos creyendo que tenemos perfecto derecho para denominar a nuestro siglo: *siglo de la electricidad*.

REFERENCIAS

- BENOIST.—*Loi de transparence des corps pour les rayons* × Paris, 1897.
- BLONDLOT.—*Determination expérimentale de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques*. Paris, 1891.
- CHABAUD.—*Nouveaux tubes pour rayons Röntgen*, Paris, 1897.
- DUCRETET & LEJEUNE.—*Notice sur les expériences du professeur Dr. Rontgen*. Paris, 1897.
- GARIEL.—*La fluoroscopie*. Paris, 1897.
- JANET.—*Sur les oscillations électriques de période moyenne*. Paris, 1893.
- JOUBERT.—*Expériences de M. Hertz sur les ondulations électriques*. Paris, 1889.
- KNOTT.—*Influence machine*. Boston, 1897.

- LODGE.—*Les hypothèses actuelles sur la nature des rayons de Röntgen.* Paris, 1896.
- MASCART.—*The age of electricity.* Washington, 1896.
- MORTON.—*The x ray or photography of the invisible and its value in surgery.* New-York, 1896.
- PELLAT.—*Electrostatique non fondée sur les lois de Coulomb.* Paris, 1896.
- PERRIN.—*Rayons cathodiques, rayons x et radiations analogues.* Paris, 1896.
- POINCARÉ.—*Les rayons cathodiques et les rayons Röntgen.* Paris, 1897.
- PREECE.—*Signalling through space without wires.* London, 1897
- RÖNTGEN.—*Une nouvelle espèce de rayons.* Paris, 1896.
- SANTINI.—*La photographie a travers les corps opaques.* Paris, 1896.
- WALLON.—*Les progrès de la radiographie.* Paris, 1896.

