

rádío como 72 es á 28, puesto que subtenden al mismo ángulo á distancias que se hallan en aquella relacion. Resulta á la vez que los ángulos  $n b m$  y  $b n c$ , que es la paralaje solar, guardarán la misma proporcion. El ángulo  $m v n = c v b$  que es la paralaje de Venus, será igual á la suma de los dos ángulos ántes dichos. Conocidas estas relaciones, veámos como se puede proceder en la práctica.

Dos observadores convenientemente situados y alejados uno de otro, hacen la observacion del paso de Venus. La distancia entre las dos cuerdas la pueden deducir ó bien por medidas nicométricas al centro del Sol, ó por la diferencia de los tiempos que tarda el planeta en recorrer para cada observador la cuerda respectiva, ó por un número considerable de fotografías que puedan dar con bastante precision la posicion de las cuerdas. En seguida se reducen las observaciones á lo que serian, estando los observadores en los extremos del rádío como se ha supuesto ántes, y conocida la distancia angular  $m n$ , se deduce en seguida la paralaje solar y aun la paralaje de Venus, segun las relaciones ántes explicadas.

Este método, verdaderamente ingenioso, si bien es cierto ha dado ya con mayor aproximacion la unidad de medida astronómica que se busca, y es de creerse que con los últimos adelantos en la fotografia y en la precision de los instrumentos, las observaciones de 82 harán avanzar más hácia la exactitud los resultados;

se puede asegurar, sin embargo, que todavía no llegaremos á obtener aquella unidad de medida, con la aproximacion que es de desearse, y con la que prometia el mismo método en su discusion teórica. Los resultados obtenidos hasta hoy, oscilan entre extremos que distan todavía cerca de 4 décimos de segundo, y sería un gran triunfo si los últimos esfuerzos de la ciencia llegaran á conquistar la certidumbre de que la paralaje obtenida no se alejaba de la verdadera mas de un décimo de segundo; no obstante que esta diferencia importaria nada menos que 400,000 leguas,  $\frac{1}{100}$  de la distancia que resulta de suponer la paralaje de  $8'' 9$  que á mi juicio es la que más se aproxima á la verdadera.

Tal vez para el paso venidero, para el año de 2004, la ciencia por otros medios más seguros haya adquirido la distancia que nos aleja del Sol, con cuanta aproximacion se necesita; pues existe otro método que bien pudiera ser el destinado á dar al problema una solucion plenamente satisfactoria. Me refiero al método basado en la velocidad de la luz combinada con el movimiento de traslacion de la tierra, de donde resulta el fenómeno conocido con el nombre de *aberracion* de la luz. Explicaré suscintamente en que consiste.

Antes de Galileo, se creia que la luz se trasmitia instantáneamente á las mayores distancias imaginables. Aquel ilustre astrónomo intentó, pero sin éxito,

determinar la velocidad de la luz; pues se necesitaban distancias muy considerables para poder apreciar los tiempos que la luz tardara en recorrerlas; hasta que un hecho astronómico, inexplicable al principio, vino á confirmar las sospechas de Galileo, y á dar el primer valor de la velocidad de la luz. Cassini habia formado unas tablas que daban los tiempos de las revoluciones de los satélites de Jupiter; pero vino á descubrirse despues, sobre todo en el primer satélite, es decir, en el más inmediato al planeta, una diferencia muy notable, en los tiempos calculados para la inmersión del satélite, en el cono de sombra formado por Júpiter, segun que este astro se hallaba en oposicion ó en conjuncion con el Sol. Fijado en el primer caso el tiempo en que tenia lugar aquel fenómeno, se notaba un retardo que llegó á apreciarse de  $16^m 26^s$  respecto al tiempo en que debia tener lugar la inmersión, cuando el planeta se hallaba en conjuncion. Volviendo á observar en la época de la oposicion, habia un adelanto igual al retardo, esto es, se compensaban exactamente todas las desigualdades observadas. Cassini no llegó á preocuparse mucho de la causa física, hasta que la penetración de Roemer adivinó la causa y declaró por fin que aquel retardo era debido al tiempo que tardaba la luz en recorrer el diámetro de la órbita terrestre, que era precisamente la diferencia entre las distancias que habia de nuestro planeta á Jupiter, en las dos posiciones en que hemos considerado es-

tos dos cuerpos. Suponiendo aquel diámetro de..... 286.000,000 de kilómetros, se dedujo entonces que la velocidad de la luz era muy próximamente de 300,000 kilómetros por segundo.

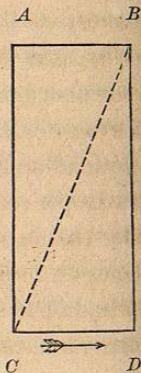
Hasta aquí vemos que la paralaje solar, con el grado de aproximación que daba entonces á la distancia de la Tierra al Sol, servia felizmente para dar el primer valor á la velocidad de la luz. Despues, determinada ésta independientemente de todo dato astronómico, conforme á los ingeniosos procedimientos de los hábiles físicos franceses, Fizeau en 1849, Foucault en 1862 y Cornu en 1874, se han encontrado resultados bastante conformes con los obtenidos anteriormente, y han servido á la vez de base para otro procedimiento que proporciona la distancia al Sol. Antes de explicarlo veámos en que consiste el fenómeno de la aberración de la luz.

Segun hemos dicho ántes, los astrónomos no habian encontrado paralaje apreciable á ninguna de las estrellas fijas, aunque sí habian notado pequeños movimientos anuales que no podian atribuirse á efecto de la paralaje por no encontrarse de acuerdo con algunos principios que forzosamente exigia éste. Se necesitaba el espíritu observador de Bradley, y la penetración de su génio para descubrir el verdadero origen de aquellos movimientos, que no fué otro que el movimiento combinado de la luz, con el movimiento de traslación de la Tierra. Voy á referir la anecdo-

ta que se cuenta sobre el hecho que sugirió á Bradley la idea de su descubrimiento, porque ella, cierta ó nó, explica el fenómeno de la aberracion de la luz, de una manera clara, y se refiere además á un suceso que la experiencia nos confirma á cada paso.

Encontrábase Bradley en un barco sobre las aguas del Támesis, preparado á atravesar el gran rio, y en los momentos en que caia una lluvia; el aire estaba tranquilo y las gotas por lo mismo, caian verticalmente; mas en el momento en que comenzó á andar el barco, notó que las gotas caian dentro de aquel, con una direccion al parecer inclinada. Pronto se dió razon del fenómeno, y lo que es más, pronto encontró tambien una absoluta semejanza entre lo que veia en aquel barco y lo que debia pasar con la luz, especie de lluvia celeste, y el gran barco de la tierra bogando en los espacios del infinito.

En efecto, supongamos  $CD$  la direccion en que se mueva una superficie cualquiera, ya sea el barco ó un punto de la superficie terrestre en su movimiento de traslacion. Sea  $B$  una gota de agua ó un rayo luminoso que sigue la direccion  $BD$ . Si suponemos inmóvil  $CD$  el punto  $B$  llegará á  $D$ , pero si suponemos que la superficie  $CD$  tiene un movimiento, y que mientras el punto  $B$  recorre la distancia  $BD$  el punto  $C$  recorre la



$CD$  el punto  $B$  vendrá á caer en  $C$ ; de tal manera que para un observador situado en  $C$ , en virtud del movimiento combinado del punto  $B$  con el del punto  $C$  parecerá que el punto  $B$  ha seguido la direccion  $BC$ ; así es que tratándose de un rayo de luz, al llegar éste al ojo del observador, en lugar de referir el objeto en la direccion verdadera  $CA$  paralela á  $BD$ , lo referirá según la línea  $CB$ . El ángulo  $ACB$  ó  $BCD$ , esto es, el desvío aparente que sufre el rayo luminoso en virtud de su movimiento combinado con el de traslacion de la Tierra, es lo que se llama aberracion de la luz.

Ahora bien, la velocidad de la luz ha podido ser determinada, por lo que hemos dicho ántes, por procedimientos directos ó sin la intervencion de la astronomía; y esta ciencia á la vez, nos dá el valor de la aberracion. Con estos dos elementos podremos resolver el triángulo  $BCD$  y conocer  $CD$ , esto es, el espacio que recorre la tierra en un segundo, si tomamos este tiempo por el que tarda  $B$  en recorrer la distancia  $BD$  ó  $BC$  que podemos por otra parte suponer iguales en vista del pequeño valor de la aberracion. El valor de ésta es de  $20''445$  y el de la velocidad de la luz dada por Cornu de  $300.400$  kilómetros por segundo. Con estos datos y por un cálculo sencillo, se encuentra la velocidad de la Tierra que es de  $29^m767$  en un segundo, cantidad que multiplicada por el número de segundo que emplea la tierra en hacer su revolucion al rededor del Sol, da

rá el desarrollo de la órbita; de donde se podrá deducir el radio, y por último la paralaje que segun este procedimiento resulta ser de  $8'' 86$ . La paralaje en este método es como se vé un dato que se puede calcular, despues de haber obtenido la distancia de la Tierra al Sol; pero no un elemento necesario para calcular ésta.

Hagamos, en fin, un resúmen de los resultados más fidedignos que hasta ahora se han obtenido sobre la paralaje solar. Las observaciones del paso de Vénus de 1769, en que con pleno conocimiento de causa se aplicó el método Halley por la experiencia que ya se habia adquirido en 1761, dieron para la paralaje solar, valores que oscilaban entre  $8'' 5$  y  $8'' 9$ . En 1874 en que además del mayor perfeccionamiento de los instrumentos, se contaba con el poderoso auxiliar de la fotografia, era de esperarse que los resultados fueran más satisfactorios, que los extremos entre los cuales estuviesen comprendidos se acercasen más, en una palabra, que fuesen más concordantes. Desengaño fatal para la ciencia; pues aunque hasta ahora no se han publicado todos los valores obtenidos, ni ménos sujetado á la natural discusion que exigen, lo conocido hasta hoy basta para corroborar el juicio anterior. Las Comisiones americanas que en la observacion de 74, lo mismo que en la de 82, han dado mucha importancia á la fotografia, contra la opinion general de los astrónomos europeos, han publicado

algunos de sus resultados, y de ellos resulta un promedio para la paralaje que nos ocupa de  $8'' 88$ . Las Comisiones inglesas tampoco han dado á conocer el resultado final de sus trabajos; pero dos autoridades Mr. Airy y Mr. Stone, dán  $8'' 75$  el primero y  $8'' 91$  el segundo. Los valores obtenidos por las Comisiones Francesas, dán un promedio de  $8'' 98$ ; pero sus valores extremos son  $8'' 78$  y  $9'' 17$ . Vemos que aun sin contar con los valores no conocidos todavía, aparece una diferencia máxima de más de 4 décimos de segundo, es decir, mayor que la que hubo en 1769. No queremos, sin embargo, que se nos acuse de ligeros; nuestros temores son muy grandes y ya algo fundados; pero es preciso aguardar el conocimiento de todos los resultados, y más que todo la discusion de todos ellos. Ojalá y la Conferencia Internacional de Astrónomos, cuyas resoluciones dimos á conocer en nuestro Anuario del año próximo pasado, llegue á realizar sus deseos que son los deseos de la ciencia, de dar organizacion propia y conveniente á los trabajos de los pasos de Vénus, con el fin de conocer lo más pronto posible, el resultado final de la paralaje obtenida por el método Halley, y ver si por fin las exigencias de la ciencia quedan satisfechas, ó si como es más probable se busca la solucion del problema en otros métodos tal vez más eficaces.