

sultando de la superposicion de dos imágenes, la de la luz directa y la de la luz reflejada: y la comparacion de las intensidades de las imágenes obtenidas en dos posiciones del astro, mostrará no solamente el caso á que pertenecen, sino permitirá aun medir con mucha aproximacion la proporcion de las luces mezcladas.

“Si por ejemplo, para cierta distancia del cometa al Sol, la proporcion de la luz reflejada era la cuarta parte de la luz total, para una distancia doble, esa cuarta es convertida en la cuarta de sí misma, es decir en la  $\frac{1}{16}$  parte; y la intensidad de la imagen á esta distancia doble, habria disminuido  $\frac{3}{16}$  ó cerca de un cuarto, cantidad muy fácil de comprobar y de medir. No insistimos más, solo hemos querido demostrar, cuantos datos nuevos suministra la fotografia manejada científicamente, en los problemas tan complejos de la física celeste que presentan los cometas.

“El objeto de esta corta noticia, era el patentizar la utilidad de este nuevo método de investigacion y euan digno es de que le dediquemos nuestros estudios.

### FOTOGRAFÍAS DE LAS NEBULOSAS.

“En la penúltima sesion hice algunas observaciones sobre la fotografia de la Nebulosa de Orion. Voy á precisar hoy las ideas que emití al tratar de aquel comunicado.

“Ante todo debo decir á la Academia que yo antes que nadie, aplaudo el interesante resultado obtenido por el eminente Sr. Draper, cuyos magníficos trabajos son tan bien conocidos á la Academia. Pero creo que las reflexiones que voy á hacer son indispensables para precisar bien las dificultades de la cuestion é indicar con qué precauciones, á mi juicio, deben emprenderse estos estudios.

“Uno de los más importantes problemas que tiene que resolver ahora la Astronomía Física, consiste en obtener imágenes inalterables y fieles de las nebulosas, para legar al porvenir términos seguros de comparacion. Además esta cuestion es de absoluta actualidad, puesto que estamos en condiciones de abordar

tan delicado problema, contando con los poderosos instrumentos que poseen hoy los observatorios y con los admirables progresos que la fotografía ha realizado últimamente en los procedimientos secos.

“Recientemente participé á la Academia, que, en Meudon habíamos comenzado algunos trabajos con este objeto y obtenido buenos resultados. Pero estos estudios, emprendidos con un pequeño telescopio de viaje, tenían por objeto principal el estudio de los métodos, mientras pudiésemos disponer de los instrumentos que esperamos y que permitirán obtener resultados más completos, dignos de publicarse.

“Sin embargo, estos estudios nos han enseñado, como ya lo indiqué en una comunicacion anterior, que si es relativamente fácil obtener una imagen fotográfica de las partes más brillantes de las nebulosas, es por el contrario mucho más difícil conseguir imágenes completas de estos astros, que permitan el que se les considere como términos seguros de comparacion en el futuro.

“Esta dificultad consiste, en que hay una circunstancia muy particular que influye sobre las imágenes fotográficas y que no permite emplearlas sino con rigurosas precauciones; circunstancia que reside en la constitucion especial de la nebulosa.

“Una nebulosa no es un objeto de contornos definido como el Sol, la Luna, los planetas y los otros objetos celestes. Su imagen tiene el aspecto de nubes

más ó ménos irregulares y cuyas distintas partes tienen un poder luminoso sumamente variado. Resulta de aquí, que segun la potencia del instrumento, el tiempo de exposicion, la sensibilidad de la placa fotográfica, la transparencia de la atmósfera etc., etc., se obtienen imágenes muy diferentes de una misma nebulosa, imágenes que en muchos casos ni aun se podría sospechar que fuesen del mismo objeto. Por ejemplo, si una nebulosa tiene partes brillantes ligadas á otras de ménos brillo y si se toman de esta nebulosa imágenes con distintos tiempos de exposicion, las que resultan de exposiciones más cortas, tal vez no mostrarán sino las partes más brillantes, sin traza ninguna de las partes intermedias simulando varias nebulosas distintas. Las imágenes de exposicion más largas, principiarán á mostrar las partes ménos luminosas y aquellas en que el tiempo de exposicion haya sido aun más prolongado, presentarán la nebulosa más completa.

“Así es como hemos obtenido con nuestro telescopio de 0<sup>m</sup>50 de diámetro y de 1<sup>m</sup>60 de distancia focal, (\*) tres fotografías de la nebulosa de Orion, correspondientes á exposiciones de 5<sup>m</sup>, 10<sup>m</sup> y 15<sup>m</sup> y que presentan aspectos muy variados.

(\*) Construí en 1870, un telescopio de muy corto foco, como el de que se trata aquí y que me sirvió en el eclipse de 1871, para poner en evidencia la verdadera naturaleza de la corona. Esta clase de Telescopio permite resolver ciertas cuestiones especiales que no podrían abordarse con los telescopios ordinarios.

“La imagen de la nebulosa, cuando se pasa de la exposicion más corta á la más larga, tiende á extenderse y completarse. Pero téngase muy presente que nuestros medios fotográficos actuales no nos permiten obtener imágenes tan completas de la nebulosa, como las que nos dan nuestros grandes instrumentos de óptica ocular. La constitucion de estos objetos celestes, exige, pues, imperiosamente, que las fotografías que de ellos se tomen, si se quiere que sirvan más tarde de base de comparacion cierta, sean tomadas en condiciones ópticas y fotográficas rigurosamente definidas.

“Es extraordinariamente difícil, definir rigurosamente estas condiciones. Las de más fácil definicion son las que se refieren á la potencia óptica del instrumento, y al tiempo de exposicion; pero es mucho más difícil apreciar las condiciones referentes al grado de sensibilidad de las placas fotográficas, y á la transparencia de la atmósfera para los rayos activos.

“Si, por ejemplo, se ha obtenido una imagen fotográfica de la nebulosa de Orion, más ó menos completa, que muestre ciertos detalles de estructura del astro, careciendo de otros que hubieran podido obtenerse con un telescopio más poderoso, ó con mayor transparencia fotográfica de la atmósfera, ó con placas más sensibles etc., ¿cómo se podrian definir estos factores de una manera suficientemente rigurosa, para que un observador, en época posterior, pudiera co-

locarse en idénticas condiciones, y en consecuencia atribuir, con razon, las diferencias acusadas por su imagen á verdaderas variaciones en la estructura del astro?

“Sé que hay ciertas variaciones en la imagen, que con justicia podrian siempre considerarse como correspondientes á variaciones reales, pero áun para estos casos particulares se necesitaria una discusion muy delicada para evidenciarlos y para los otros se careceria en lo absoluto de apoyo.

“Podria citar como ejemplo notable de estas variaciones, las imágenes fotográficas de la corona, que se tomaron en Siam en 1875, durante el eclipse total. El Sr. Dr. Schuster dirigia la expedicion inglesa, y este sábio disponia de un aparato destinado para tomar fotografías del eclipse. Le supliqué tomara durante la totalidad varias imágenes de la corona, dando á esas fotografías tiempos de exposicion variables como los números 1, 2, 4, y 8.

“El resultado fué concluyente: comprobamos que, en cada imagen la altura de la corona era diferente y que cada una de ellas daba una altura inexacta del fenómeno. Esto es debido á que la atmósfera coronal es una verdadera nebulosidad que rodea al globo solar, y á que el poder luminoso de esta atmósfera decrece rápidamente de la superficie del astro hácia el espacio.

“En estas condiciones, ¿quién se atreveria á afirmar,

apoyándose en el aspecto de imágenes fotográficas tomadas en distintas épocas y sin que de otro modo se hubiesen definido las condiciones de la experiencia; quién se atrevería á afirmar, repito, que las diferencias que presentasen dichas imágenes, fuesen debidas á una variación de altura de esa capa que rodea al Sol?

“Es, pues, indispensable, que las fotografías de las nebulosas estén acompañadas de una especie de testimonio que exprese la resultante de las condiciones en las cuales se obtuvo la imagen. Este testimonio yo lo pido á las estrellas.

“Una estrella da sobre la placa fotográfica colocada en el foco del instrumento, un punto negro ú oscuro más ó menos regular. Este punto á causa de sus pequeñas dimensiones no permite ninguna medida fotométrica; pero la imagen se modifica por completo si en lugar de colocar la placa en el foco se acerca un poco al objetivo. Entonces se obtiene un círculo de diámetro muy pequeño, de tinte sensiblemente uniforme, (si el anteojo es bueno) y cuyo grado de opacidad se puede comparar con círculos del mismo origen. Es preciso tener cuidado de arreglar la acción luminosa de manera que el tinte del círculo obtenido no sea muy oscuro, y corresponda á la época en que la acción de la luz obra con más energía, produciendo en la imagen las mayores variaciones en el menor tiempo posible.

“Los grados de opacidad de los círculos así obtenidos pueden ser comparados por procedimientos fotométricos; pero se debe procurar no tener que comparar sino la igualdad de tintes, á fin de evitar el uso de tablas que den las variaciones de opacidad en función de la intensidad luminosa.

“El diámetro del círculo se determina directamente midiéndolo, ó mejor se deduce del ángulo de abertura del instrumento y de la distancia de la placa fotográfica al foco.

“Es preciso fijarse bien en la influencia que tienen sobre el grado de opacidad de estos círculos estelares no solo el tiempo de exposición, sino todas las circunstancias de sensibilidad de las placas, transparencia fotográfica de la atmósfera etc., y en consecuencia dichos círculos pueden considerarse como la resultante de todos estos factores. Si la fotografía de una nebulosa va acompañada de cinco ó seis de estos círculos estelares obtenidos en las mismas condiciones que ella, los futuros observadores podrán colocarse en condiciones si nó semejantes, para cada una de las circunstancias, si equivalentes en su resultado final, que es el objeto buscado. En este método, el observador que desee obtener fotografías de un objeto celeste, susceptible de dar distintas imágenes según las condiciones de observación, principiará desde luego por buscar el tiempo de exposición conveniente para obtener los testimonios de que hablamos; deter-

minado este tiempo de exposicion, que será el que se necesita para colocarse en las condiciones en que la imagen sea comparable, aun cuando sea muy distinto al que se empleó en obtener la fotografía con que se trata de hacer la comparacion.

“Además, es claro que, si las imágenes de la nebulosa que deben compararse no se toman en la misma escala, es necesario que la misma relacion de magnitudes se conserve en los círculos estelares.

“Hoy no he pretendido sino llamar la atencion de los astrónomos físicos sobre el uso de los círculos estelares. Tengo la creencia de que su aplicacion será mucho más extensa.

“De mis estudios deduzco que están destinados á ser un nuevo medio muy sencillo para abordar el estudio del poder fotográfico de las estrellas y que permitirá clasificarlas por orden de magnitudes bajo este punto de vista, como lo han sido ya para la vision ocular.

“En otra comunicacion, tendré el honor de participar á la Academia mis esfuerzos, por sentar la base de este estudio.”

---

Sobre la fotometría fotográfica y su aplicacion al estudio comparativo de los poderes radiantes del Sol y de las estrellas, Mr. Janssen ha escrito el siguiente artículo:

“Las aplicaciones científicas de la fotografía han adquirido tal importancia, especialmente en astronomía, que, actualmente es de interés capital introducir en este arte, los métodos rigurosos de la ciencia, á fin de poder, por medio de ella, no solo registrar los fenómenos luminosos, sino valuarlos con precision, en una palabra, crear la fotografía fotométrica.

“Es el objeto que me he propuesto y que estudio hace varios años.

“La introduccion de la fotografía en las medidas fotométricas presenta mucho interés.

“En efecto, este método, permite actualmente, no solo registrar todos los rayos visibles, sino que aun, extiende su dominio hasta esas radiaciones ultravioletas que nos dan nociones tan preciosas sobre la temperatura de los cuerpos.

“Pero, la ventaja más preciosa de la fotografía consiste en la permanencia de sus resultados. En tanto que las comparaciones fotométricas de dos manantiales luminosos son esencialmente fugitivos y exigen la presencia simultánea de estos dos manantiales, la fotografía dará términos permanentes de comparacion que podrán compararse cuando se quiera y aun legarse al porvenir. Además, por la admirable propiedad de la placa sensibilizada que permite acumular casi indefinidamente las acciones luminosas, con el nuevo método se podrán comparar y estudiar radiaciones que por su excesiva pequeñez no son ase-

quibles á los medios de observacion con que contamos actualmente.

“El fenómeno fotográfico final obtenido por los procedimientos hasta hoy usados y que es provocado por la accion de las radiaciones activas, consiste en la formacion de un depósito metálico sobre la placa. Pretender pesar este depósito sería un delirio, la cantidad de sustancias que se emplea es excesivamente pequeña. Es más sencillo y natural buscar el elemento de medida en el mayor ó menor grado de opacidad de ese depósito metálico, puesto que por él estan constituidas las imágenes que la luz engendra.

“Esto es lo que hemos hecho. En seguida buscamos un instrumento que diese las bases de las relaciones que existen, entre la intensidad de una radiacion y el grado de opacidad del depósito que provoca.

“Despues de varias investigaciones, nos fijamos en el sencillo instrumento, cuyas partes esenciales pasamos á describir y al que hemos llamado: “Fotómetro fotográfico.”

“Este instrumento consta esencialmente de un *châssis* ó bastidor que puede sostener una placa, y de un obturador provisto de una ventana, que pasa delante de la placa y rige la accion luminosa que obra sobre ella, y movido por un mecanismo especial que le comunica un movimiento uniforme determinado; la forma de la ventana del obturador puede modificarse segun el efecto que se desea producir.

El movimiento uniforme del obturador se obtiene ya por un mecanismo de relojería para los movimientos lentos ó ya por resortes que obran en condiciones especiales, para los movimientos rápidos. En este último caso la velocidad se mide por medio de un diapason.

“Si se coloca en el *châssis* una placa sensibilizada y se hace pasar delante de ella el obturador provisto de una ventana de forma rectangular, el tinte que adquiere la placa es uniforme en toda su extension; pero si la forma de dicha ventana es triangular el tinte de la placa será decreciente á partir del borde que corresponde á la base del triángulo y además, la ley de este decremento estará íntimamente ligada con la del decremento de la intensidad luminosa que depende de la forma de la ventana.

“Dando á la ventana aberturas triangulares de diversos ángulos, se obtienen las séries de tintes que corresponden á distintas intensidades de la luz.

“El instrumento permite comprobar inmediatamente que la opacidad del depósito fotográfico, no es proporcional á la intensidad luminosa, cuando esta intensidad crece notablemente, porque, si se sobreponen dos placas semejantes, en sentido opuesto, obtenidas con la misma abertura triangular, se comprueba que no presentan un tinte uniforme, sino por el contrario, hay una opacidad mayor hácia el medio, lo que demuestra que el depósito fotográfico no aumenta tan rápidamente como la intensidad luminosa.

“Para medir las relaciones de intensidad de dos placas de distinto origen, basta exponerlas sucesivamente en el fotómetro provisto de un obturador de abertura triangular. Los puntos de igual intensidad en las placas se referirán á los puntos que les correspondan en la abertura y la relacion de las aberturas en estos puntos expresará la de las sensibilidades. Así se encuentra que las nuevas placas al gelatinobromuro de plata que se preparan actualmente, pueden llegar á adquirir una sensibilidad veinte veces mayor que las preparadas al colodion húmedo.

“Se puede tambien, con facilidad, buscar las intensidades fotogénicas de dos distintos manantiales de luz. Bastará hacerlos obrar sucesivamente sobre dos placas semejantes. Los puntos de igual tinte en estas placas conducirán, como ántes, á la expresion de la relacion buscada.

“En fin, se podrá tambien verificar las leyes de la fotometría por medio de la fotografía. Pero aquí se presenta un nuevo é importante elemento por medir, es “el tiempo de exposicion.” Cuando dos manantiales de desigual intensidad han ejecutado sobre la misma placa un trabajo fotográfico igual, sus intensidades están en razon inversa de los tiempos que han empleado respectivamente, para ejecutar dicho trabajo.

“Es evidente, en efecto, que para ejecutar el mismo trabajo en idénticas condiciones, se necesita la misma cantidad de energía radiante.

“Se verifica el principio con el fotómetro usando una ventana dividida en dos partes rectangulares, colocada en el sentido de su altura, teniendo la de arriba, por ejemplo, cuatro veces la superficie de la de abajo. Sobre la ventanilla de superficie cuádruple se hace obrar un manantial luminoso de intensidad igual á la unidad y sobre la otra abertura de superficie igual á 1, un manantial cuya intensidad sea igual con 4. Se verifica así que los tintes son iguales. Tal es la disposicion del instrumento. Tiene disposiciones especiales para las distintas aplicaciones en que puede emplearse y esencialmente para cuando se trata de debilitar ó reforzar por lentes de cuarzo la intensidad del manantial radiante. En este resúmen no puedo entrar en detalles que pertenecen á la memoria.”

Expondré ahora una de las aplicaciones que se han hecho de los principios ántes sentados: