

y el rojo fuera, viéndose perfectamente á través del cono oscuro formado por la sombra del Grand-Som. Desgraciadamente, las nubes cambiaban á cada momento de sitio, y el fenómeno se disipó en breve para dejarse ver de nuevo, pero rápidamente, algunos instantes despues.

M. E. Whymper ha observado un caso análogo en el Matterhorn poco despues de la catástrofe del 14 de julio de 1865, y por una singular correspondencia, proyectáronse dos inmensas *cruces aéreas* dentro del arco exterior, único y blanco. Es probable que ambas estuviesen formadas por la interseccion de los dos círculos, cuyo resto permanecía invisible. La aparicion presentaba un carácter grandioso y solemne, que venia á aumentar el silencio de los abismos insondables, en cuyo fondo acababan de precipitarse cuatro infelices viajeros.

Se han hecho en diferentes condiciones observaciones que indicaban aproximadamente este mismo efecto de óptica mas ó menos completo. Consultando con respecto á este asunto las Actas de la Academia, he leído la observacion hecha el 23 de octubre de 1866, á las 7 y 30 minutos de la mañana, por M. Moulin, oficial de ingenieros, que se dirigia á caballo al polígono de Versailles. La zanja que habia al lado del camino es-

ta cubierta por una densa neblina, y el observador advirtió en el punto opuesto al sol un disco brillante orlado de fajas irisadas que se destacaba con mucha limpieza á la distancia aparente de 30 metros de arriba abajo. En el centro observó despues su propia silueta montada á caballo, con la cabeza en medio de aquella corona antisolar. El autor atribuye este efecto al arco-iris, pero seguramente no es mas que un antelio del mismo género que los descritos y explicados aquí.

Otras apariencias ópticas se manifiestan tambien en diferentes condiciones, como por ejemplo, si contemplamos el agua vueltos de espaldas al sol, vemos muy bien la sombra de nuestra cabeza, aunque muy deforme; pero al mismo tiempo se ven partir de dicha sombra haces luminosos bastante intensos que irradian en todos sentidos, extendiéndose con suma rapidez á gran distancia. Estos haces luminosos, estos rayos aureolares tienen, aparte de su movimiento ondulante, otro de rotacion rápida en torno de la sombra de la cabeza, siendo inverso el sentido de rotacion á los dos lados de esta última.

Llegamos ahora á un orden de fenómenos ópticos mas curiosos aun, y sobre todo mas complicados que los precedentes.

CAPÍTULO VII

LOS HALOS

PARHELIOS, PARASELENES, CÍRCULOS QUE RODEAN Y ATRAVIESAN EL SOL — CORONAS, COLUMNAS, FENÓMENOS DIVERSOS

El panorama de los fenómenos ópticos del aire nos obliga á ocuparnos ahora de uno de los efectos mas singulares y complicados de la reflexion de la Luz en el mundo atmosférico.

Designase con el nombre de *halo* (*area, aire*) un círculo brillante que, en ciertas condiciones atmosféricas, rodea al sol por todas partes, á 22° de distancia, y se llaman *parhelios*, ó *soles falsos* (*para cerca*, y *elios* sol) las manchas luminosas comunmente coloreadas de rojo, amarillo y verde, que se presentan á sus dos lados, á la misma distancia de unos 22° ofreciendo cierta semejanza, aunque bastante imperfecta, con dicho astro. Iguales apariencias pueden tener lugar en torno de la luna, siendo mas fácil observarlas en ella porque lo suave de la luz lunar permite contemplar sin trabajo las zonas que la rodean: estas manchas luminosas toman entonces el nombre de *paraselenes* ó de *falsas lunas*. Solo difieren entre sí ambos casos por la intensidad de la luz del astro que los produce; diferencia análoga á la que se puede observar entre los arco-iris ordinarios y los que se deben á la luz de la luna.

Además del halo y de los dos parhelios, puede formarse en el cielo otra multitud de círculos, arcos, fajas, ó manchas luminosas, de un brillo mas ó menos considerable, y que entonces acompañan al halo.

Todo el mundo sabe que cuando se expone un prisma triangular de cristal á la accion de los rayos del sol, una parte de la luz incidente se refleja en las caras del prisma como en un espejo, y la otra penetra en su interior y sale despues siguiendo una direccion diferente de la primitiva y produciendo una imágen coloreada.

Mariotte, de quien ya hemos hablado, ha basado en este hecho la explicacion del fenómeno de que vamos á ocuparnos.

Segun él, la causa de los halos reside en los filamentos de nieve en forma de prismas triangulares equiláteros. Estos prismas pueden hallarse orientados en la Atmósfera de todas las maneras posibles, estando algunos colocados de tal modo que produzcan el minimum absoluto de desviacion en los rayos que, despues de penetrar por una de las tres caras laterales del prisma, salen atravesando una de las otras dos. Mariotte ha demostrado que á una distancia angular

del sol igual á dicha desviacion mínima, que es de 22 grados, debe formarse un círculo brillante; tal es el halo ordinario. Si todos los prismas se colocan en una posicion vertical á consecuencia de una causa cualquiera, no tiene lugar el halo, pero lo sustituyen dos parhelios.

Young ha dado la explicacion de los arcos tangentes que se ven cerca del halo ordinario, ó sea el de 46 grados de rádio, y el círculo parhético, partiendo de la hipótesis de que en ciertos casos los prismas pueden colocarse de modo que sus ejes sean horizontales.

Veinte años hace que el laborioso Bravais consagró al análisis de estos fenómenos un trabajo sintético que nos servirá ahora de guía. La teoría de dichos fenómenos es asaz compleja, y requiere cierta atencion para comprenderla bien. Voltaire confesaba que necesitaba leer dos veces una misma cosa para penetrarse bien de ella; tal vez sea esta la ocasion de imitarle,—y sobre todo lo que como nosotros no se consideran superiores en perspicacia al malicioso filósofo de Ferney.

Cuando un halo aparece en el cielo, se ven por lo comun ligeras nubes, llamadas cirrus (con las cuales trabaremos pronto conocimiento), sobre las cuales parece bosquejarse el meteoró. Sucede á veces que dichas nubes están refundidas en una sola masa de tal modo que la vista no puede percibir sus contornos; extiéndose por el cielo un vapor blanquizco, principalmente en la parte inmediata al astro del día; desaparece la tinta azul de la Atmósfera, y la sustituye una especie de neblina, cuyo brillo es á veces tan intenso que ofende la vista. Pero esas nubes filamentosas de nieve diseminada por las alturas del aire están muy léjos de nosotros, de suerte que ha sido bastante difícil emitir un juicio sobre su verdadera naturaleza, y de aquí que se haya ignorado durante mucho tiempo el modo de formarse tal fenómeno, siendo esta indudablemente una de las causas por

las cuales se han considerado en otras épocas los halos y los parhelios como fenómenos maravillosos, señales de la cólera celeste, presagios de la muerte de los reyes, etc.

No basta que las nubes de las altas capas de la Atmósfera estén formadas de partículas de nieve para que el fenómeno del halo se presente, sino que se requieren además las dos siguientes condiciones. La nube debe tener un espesor conveniente; si fuese muy débil, el halo no aparecería; si muy grande, la luz quedaria interceptada. Es preciso además que la cristalización del agua se haya operado con lentitud, y que el viento no la haya entorpecido: con una cristalización rápida, y por consiguiente confusa, las agujas pierden su transparencia, los ángulos de las caras, la constancia de sus valores; las superficies de entrada ó de salida, su tersura. Por lo demás, esta aparicion es menos rara de lo que parece. Puede calcularse que el número de días en que se presenta el fenómeno en nuestros climas, aunque solo sea en estado rudimentario, es de 50 por año, siendo mucho mas considerable en el norte de Europa.

La forma mas sencilla de los cristales de hielo, de nieve ó de escarcha, la que se manifiesta en toda cristalización inicial, es la de un prisma recto, que tiene por seccion un exágono regular, y termina por dos bases perpendiculares á las caras laterales, las cuales son otros tantos rectángulos.

Sin embargo, rara vez se presentan estas formas sencillas en las nevadas, lo cual consiste en que antes de llegar al suelo, las cristalizaciones laterales debidas á la condensacion del vapor en las capas inferiores se amalgaman con el núcleo primitivo.

El prisma recto exagonal basta para todas las manchas ó curvas cuya aparicion se ha puesto fuera de toda duda merced á la observacion.

Explicase el halo con todos sus aspectos, admitiendo que en una atmósfera serena caigan lentamente cristales de nieve ó de

hielo, debiéndose, por consiguiente, á la refraccion de los rayos solares en dichas cristalizaciones.

La disposicion de los prismas de hielo es la que ocasiona la diversidad de las apariencias. Puede dividirse en tres casos la situacion de estas agujas de hielo en la Atmósfera: 1.º prismas de orientacion indifferente; 2.º prismas de ejes verticales; 3.º prismas dispuestos horizontalmente.

Para darnos cuenta de la formacion de estos fenómenos lo mismo que nos la hemos dado con respecto al arco-iris, empecemos por el primer caso, y veamos sus efectos.

Si se hace girar un prisma sobre sí mismo, se vé que el rayo que sale de él forma un ángulo variable con el que entra; pero hay cierta posicion en que ambos rayos forman entre sí el ángulo mas pequeño posible: este es el minimum de desviacion. Ahora bien: en esta situacion, por mas que se continúe dando mas ó menos vueltas al prisma, la direccion del rayo refractado no cambiará sensiblemente.

Si un prisma de este género gira sobre sí mismo en la Atmósfera, parten de él continuamente rayos que llegan á nuestros ojos para desaparecer inmediatamente despues; pero, en virtud de la observacion que acabamos de hacer, es evidente que el rayo herirá la vista el mayor espacio de tiempo posible cuando su desviacion haya llegado á su minimum. Si el número de prismas es muy grande, recibiremos los rayos refractados por uno en el momento en que los del otro desaparecen; de suerte que la impresion en nuestra vista será persistente, aunque los rayos no procedan de los mismos cristales.

Un rayo solar penetra en un prisma triangular por la cara A (fig. 73) y sufre una desviacion. Su parte violada sale por la cara ó faz B y pasa á herir el ojo del espectador situado en O. Otro prisma C, colocado mas cerca de la direccion OS del sol, enviará los rayos rojos que son los menos desviados,

de suerte que, en definitiva, el cono que pasa por A será violado, el que pasa por C rojo, y la zona intermedia presentará los colores de los diversos rayos descompuestos.

Así pues, la refraccion de los rayos solares producirá en torno del astro y á la misma distancia una série de refracciones luminosas. La desviacion que consiste en unos 22 grados, no es la misma para todos los colores; el cálculo, de acuerdo con la observacion, da 21° 37' para el rojo, que es el menos refrangible, 21° 48' para el amarillo, 21° 57' para el verde, 22° 10' para el azul, y 22° 40' para el violado.

El círculo de 22° de rádio que se forma así al rededor del sol y de la luna es el *halo ordinario*, que se presenta mas á menudo. El rojo está dentro; despues sigue el anaranjado, el amarillo, el verde; pero estos matices van debilitándose, porque la influencia de los prismas que no se hallan en la posicion de desviacion máxima les hace perder su viveza, quedando mas aparente el círculo rojo interior.

Como el sol no es un simple punto luminoso, sino que cada una de las partes de su disco contribuye á producir el fenómeno, esta circunstancia hace que los diferentes colores se mezclen mas entre sí, resultando de esto que nunca sean bien claros, y que el halo se presente las mas de las veces en forma de un anillo brillante con una faja sonrosada de 2 á 3 grados de anchura en su lado interno, y ciñendo por todas partes un área circular oscura, cuyo centro es el sol.

Podrá suceder que, á consecuencia de un efecto de óptica bien conocido, cualquier observador que no esté advertido de antemano atribuya al halo una forma elíptica, como la de un óvalo prolongado y de eje mayor vertical; pero esta ilusion, semejante á la que produce el arco-iris cuando se le vé completo, desaparece tan luego como se toman medidas angulares. Por una causa análoga parece que el halo se reduce á medida que el astro se eleva, así como la luna

pierde al llegar á cierta altura las gigantes-
cas proporciones que tenia su disco en el
momento de salir.

Además del halo de 22 grados, obsérvase
otro cuyo diámetro es al parecer dos veces
mayor que el del precedente.

Débase el segundo á la refraccion de la

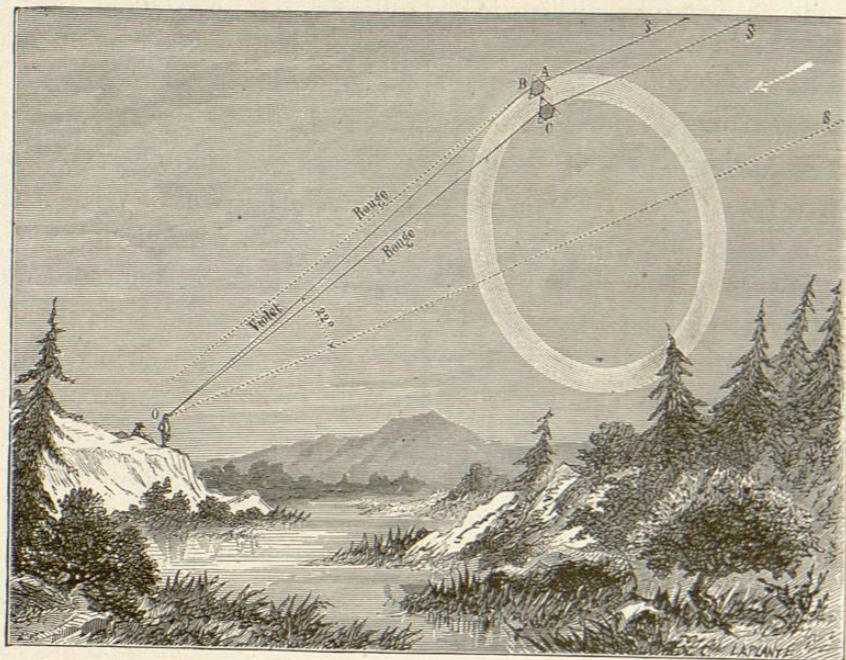


Fig. 78.—TEORÍA DEL HALO

perposicion de colores, semejante á la que
tiene lugar en el halo ordinario, casi no se
vé mas que un anillo rojizo en su lado in-
terno, y amarillento en el centro, al paso
que el externo parece blanquizo y va con-
fundiéndose de una manera vaga con la
iluminacion general de la Atmósfera. Su
anchura total es bastante considerable, pues
abarca unos 3 grados, entre los 45 y 48 de
distancia al sol, comprendiendo la luz blan-
ca exterior que le circunda.

Ambos círculos están, pues, formados
por la reflexion de la luz en los prismas de
hielo orientados en todos sentidos. Veamos
ahora qué es lo que puede resultar de los
prismas colocados verticalmente.

Cuando la reflexion de la luz tiene lugar
en los ángulos diedros de 60 grados que
forman entre si las seis caras de los pris-

luz á través de los ángulos diedros de 90
grados que las caras laterales de los pris-
mas forman con las bases, del mismo modo
que los ángulos de 60 grados producen el
halo ordinario. Asi como este, se compone
de anillos sucesivos, el primero de los cua-
les es rojo; mas á consecuencia de una su-

mas de hielo al caer verticalmente, se pro-
ducen dos *parhelios*, uno á la derecha y otro
á la izquierda del sol, y situados á igual
altura. Explicase este hecho, observando
que la iluminacion producida por un grupo
de prismas de ejes verticales, pero coloca-
dos de todos los modos posibles en cuanto
á la orientacion de sus caras laterales, es
semejante á la que daría un prisma único
que girara rápidamente al rededor de su
eje. Véase, en efecto, que en este moviemien-
to el prisma pasa sucesivamente por todas
las posiciones compatibles con la verticali-
dad del eje.

La distancia á que se forman dichas imá-
genes cuando el sol está en el horizonte,
es precisamente el ángulo de desviacion
mínima, ó en otros términos, el radio del
halo: si este y los *parhelios* aparecen á la

vez, los últimos parecen situados precisa-
mente en la circunferencia del primero,
ocupando en él una extension igual en al-
tura al diámetro del sol. Las diversas tintas
de los *parhelios* son mas puras que las del
halo; el amarillo es mas distinto, como asi-
mismo el verde; en cuanto al azul, apenas

se percibe, lo cual sucede tambien con el
violado por ofuscarlo los colores preceden-
tes; terminando el todo por una cola de luz
blanca, á veces poco aparente, pero que
puede alcanzar una longitud de 10 á 12 gra-
dos, y dirigida en oposicion al sol paralela-
mente al horizonte: esta última luz se debe

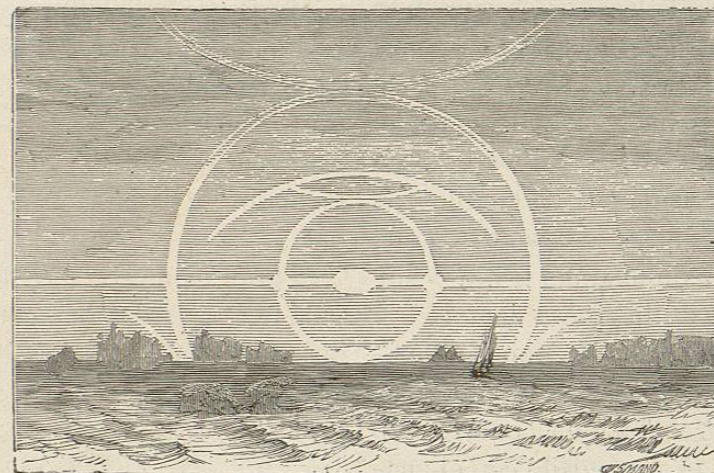


Fig. 79.—HALO OBSERVADO EN NORUEGA

á los prismas cuya posicion se separa con-
siderablemente de la que corresponde al
mínimum de desviacion.

Cuando el sol se eleva sobre el horizonte,
los rayos luminosos atraviesan los prismas,
siguiendo en sus movimientos planos obli-
cuos: la mas pequeña de las desviaciones
que tienen lugar durante la rotacion es su-
perior al mínimum absoluto que corres-
ponde al caso del sol horizontal; de donde
se vé que los *parhelios* deben desprenderse
lentamente de la circunferencia del halo, á
medida que la altura aumenta; pero por
otra parte, como este tiene una anchura
bastante considerable y de cerca de 2 gra-
dos (comprendiendo en ella la luz blanca
que le circunda al exterior), los *parhelios*
no se separan completamente de él hasta
que el sol ha llegado á una elevacion de 25
á 30 grados.

Demuéstrase por el cálculo que no pue-
den formarse *parhelios* cuando el astro so-
lar ha alcanzado una altura de 60 grados.

Los *parhelios* son á veces sumamente

brillantes, pudiendo en este caso compa-
rarse hasta cierto punto su esplendor con
el del mismo sol; y entonces se comprende
que cada *parhelio* puede ser á su vez el
origen de otros dos, que serán *parhelios* de
parhelios, ó *parhelios secundarios*.

El efecto producido por la refraccion de
la luz en los ángulos de 90 grados de los
que resulta el gran halo, es todavía mas
notable. Llegando oblicuamente los rayos
solares á la base superior del prisma, pe-
netran en su interior y salen por una de
sus caras verticales. Suponiendo que el
prisma gire rápidamente al rededor de su
eje, puede demostrarse por el cálculo que la
luz emergente se desarrollará describiendo
una porcion de cono recto de eje vertical,
de lo cual es fácil deducir que el fenómeno
óptico correspondiente de la esfera celeste
será un arco luminoso paralelo al horizon-
te, y situado á una gran elevacion sobre el
sol.

El arco que de este modo resulta, y que
puede llamarse *arco tangente superior del*