

Elsa Mauri

DESCRIPCIÓN

DE LOS

INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS

DEL

OBSERVATORIO DE LA PLATA

SEGUIDA DE UNA NOTA SOBRE LOS ADELANTOS MÁS RECIENTES
DE LA ASTRONOMÍA

POR

VIRGILIO RAFFINETTI

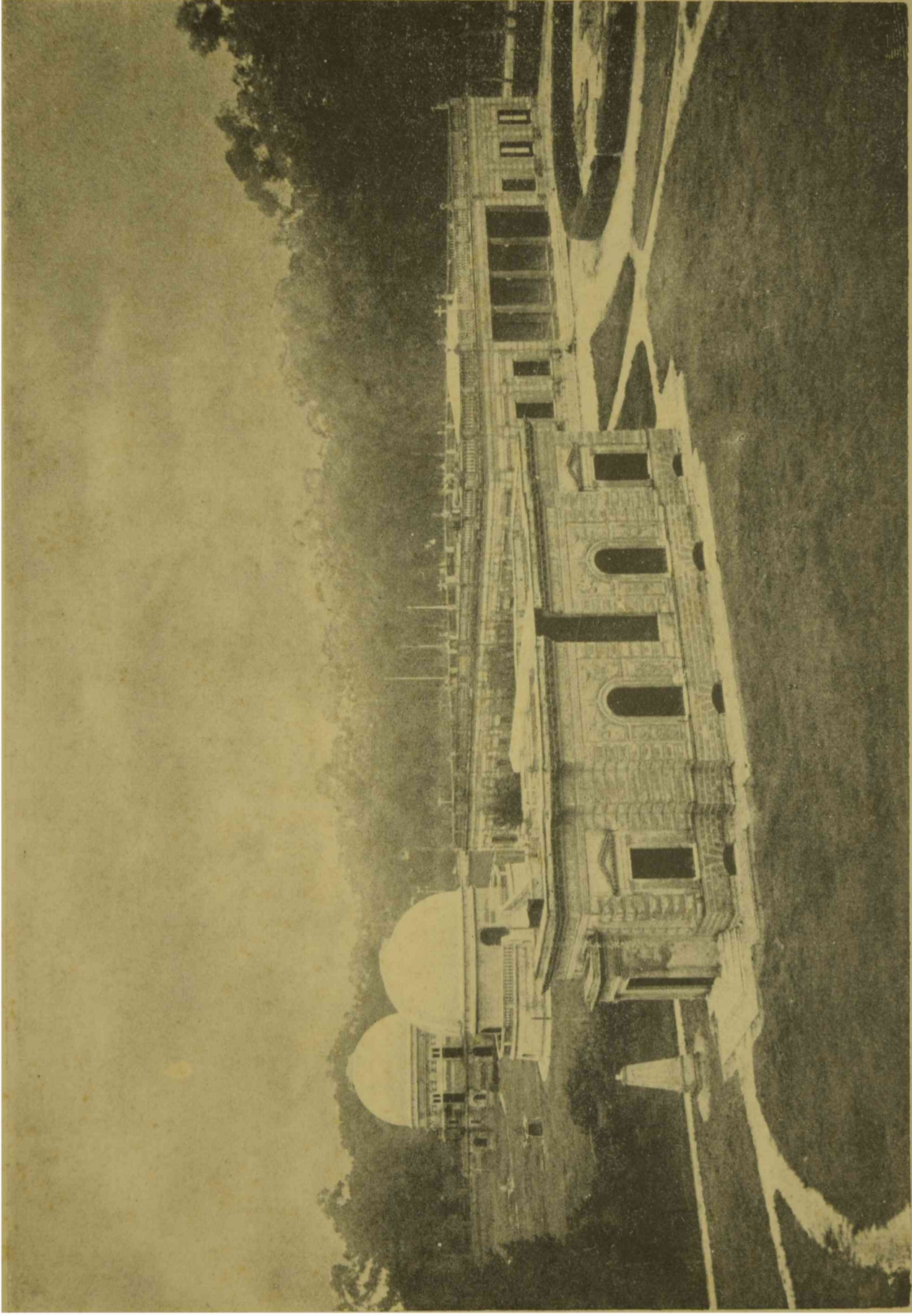
CON 25 LÁMINAS, 3 MAPAS CELESTES Y 8 FIGURAS
INTERCALADAS EN EL TEXTO

Marzo 27 - 905.

LA PLATA

TALLERES DE PUBLICACIONES DEL MUSEO

1904



Observatorio Astronómico de La Plata

DESCRIPCIÓN
DE LOS
INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS
DEL
OBSERVATORIO DE LA PLATA

DESCRIPCIÓN
DE LOS
INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS

DEL
OBSERVATORIO DE LA PLATA

SEGUIDA DE UNA NOTA SOBRE LOS ADELANTOS MÁS RECIENTES
DE LA ASTRONOMÍA

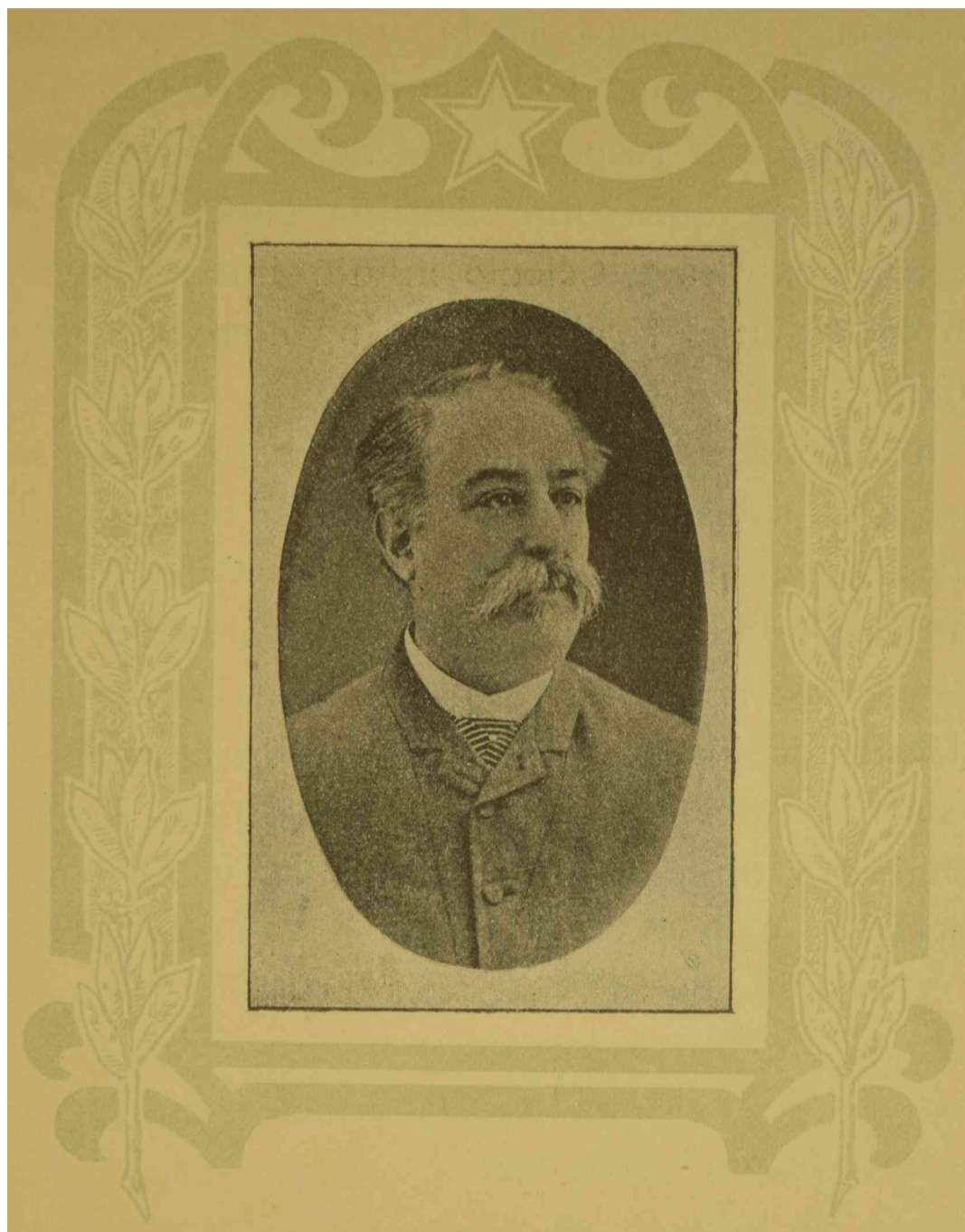
FOR
VIRGILIO RAFFINETTI

CON 25 LÁMINAS, 3 MAPAS CELESTES Y 8 FIGURAS
INTERCALADAS EN EL TEXTO

LA PLATA

TALLERES DE PUBLICACIONES DEL MUSEO

1904



A la memoria del profesor

Don Leopoldo Gómez de Terán

A vuestra memoria, querido maestro, que en vida supisteis inculcar con el amor y la benevolencia que siempre anidáronse en vuestra alma noble, las sublimes concepciones de Leibnitz,

Newton y Descartes, en la mente de esa juventud estudiosa que de vuestros elocuentes labios escuchaba con respetuosa atención las eruditas conferencias que sobre Álgebra superior, Geometría analítica y Cálculo infinitesimal dictabais en la Escuela Nacional de Ingenieros de San Juan.

Al dedicaros este modesto trabajo, fruto de vuestras sabias lecciones, el más humilde de vuestros discípulos, á la vez que cumple con satisfacción un sagrado deber de gratitud personal, cree interpretar el pensamiento de aquella pléyade de jóvenes que guardan inmarcesible el recuerdo de vuestra magna obra como educacionista y un culto imperecedero á vuestra memoria.

PREFACIO

Al resolvernos escribir el presente opúsculo, lo hicimos obedeciendo, en un principio, á los múltiples pedidos que en distintas épocas nos habían dirigido los señores profesores encargados de la enseñanza de la Cosmografía en los institutos de educación nacionales y provinciales de la República, respecto de la descripción de algunos instrumentos astronómicos del Observatorio de La Plata, conforme lo exigen los programas oficiales de la materia. No obstante, una vez puesto manos á esa tarea, creímos hacer obra grata á los amantes del estudio de aquella asignatura, ampliando nuestro primitivo programa con otras consideraciones científicas sobre las aplicaciones más trascendentales de la astronomía contemporánea.

No nos faltó el deseo, cúmplenos declararlo, de redactar unos Elementos de Cosmografía, ampliándolos con los presentes datos á guisa de suplemento; pero el examen de algunas obras

de esa materia, tanto nacionales como extranjeras, nos convenció de que nada en ellas hubiéramos podido modificar sin cometer, dentro de sus respectivos programas, un verdadero atentado contra la claridad y orden con que dichas obras hállanse concebidas. Nos determinamos pues á limitarnos á la publicación de las presentes notas, que conceptuamos de utilidad para el estudio moderno de la Cosmografía, y que, como simple ensayo, nos permitimos ofrecer modestamente al ilustrado concepto de los señores profesores de la materia nombrada, en los institutos de educación secundaria de nuestro país.

No podemos cerrar estas líneas sin presentar antes el homenaje de nuestra gratitud al señor Ministro de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, ingeniero don Angel Etcheverry, quien acogió con marcada benevolencia nuestros modestos propósitos, ordenando la publicación de la presente obrita por los notables talleres tipográficos del Museo de esta ciudad.

La Plata, Enero de 1904.

VIRGILIO RAFFINETTI.

INTRODUCCIÓN

Remontándose en alas del pensamiento hacia la lejana época embrionaria de la existencia humana — en medio de aquella lidia formidable que, lógico es suponerlo, el hombre debió sostener á porfía contra los demás animales de la tierra antes de alcanzar definitivamente su supremacía sobre el planeta — cuando, al sentirse poseído de esa admirable energía directriz de sus acciones, el intelecto, comenzara á esgrimirla implacable contra los demás seres que, poseyéndola en menor grado, pretendieran, obedeciendo á la ley de conservación, oponer el instinto salvaje á su inteligente voluntad, dificultando su marcha pujante hacia la meta de sus propósitos — hasta que, triunfador por fin sobre la fuerza bruta se detiene á contemplar el cuadro magno creación material de su propio esfuerzo, y, asombrado por la grandeza de su misma obra, orgulloso proclámase *rey de lo creado* — nuestra imagina-

ción concibe fatalmente que, atenuada en el hombre la preocupación natural sobre su propia integridad, debió, en sus horas de bonanza, concentrar el pensamiento y extender su mirada investigadora, no ya tan sólo sobre el limitado sitio de sus sangrientas reyertas, sino hacia la apacible esplendidez del sereno firmamento que allá en lo alto, cual eterno mudo testigo de su afanosa existencia, le cubre, le rodea, le aprisiona.

Suspensa en profunda meditación—avasallado su espíritu por magnificencia tanta cuyo origen no alcanza á penetrar, la criatura humana se inclina entonces respetuosa—comienza á abandonar su tosco ropaje, su selvática expresión—un chispazo divino había iluminado su cerebro—establécese desde luego relaciones concomitantes entre el Creador y lo creado; el hombre investiga, analiza, estudia el universo, y los albores dorados de la primera civilización asoman, envolviendo al mundo terreno en vagas claridades precursoras de la radiante luz del porvenir.

CAPÍTULO I

ORIGEN DE LAS CONSTELACIONES. — La contemplación minuciosa del cielo estrellado, hubo de sugerir á los hombres investigadores de la antigüedad, los medios apropiados para facilitar en lo posible, la enumeración de tan inmensa cantidad de puntos brillantes que á simple vista se percibe — fué desde entonces, que empezóse por dividir el cielo en grupos más ó menos grandes de estrellas, los cuales, afectaban por lo general, formas parecidas á ciertos animales comunes y á cosas materiales ó imaginarias de la época, con el objeto capital de reconocer en cualquier instante de entre la inmensidad del firmamento, la posición individual de los astros, así como la de cualquier fenómeno celeste que se produjera.

MAGNITUD DE LAS ESTRELLAS. — En una noche serena y sin luna, paseando la vista por la bóveda estrellada, constatamos entre la infinidad de puntos luminosos que se destacan sobre fondo negro, un corto número de ellos, que, por su vívido resplandor, se distinguen de los demás;

mientras que, al propio tiempo, interceptan nuestra visual innumerables puntos de intensidad luminosa tan débil que apenas si alcanzamos á distinguirles—pues bien; fácil es imaginarse que entre esos dos límites de brillantez ha de ser posible establecer varios grados de intensidad luminosa progresiva que permita clasificar todas las estrellas que pueden en un cielo dado ser visibles al ojo desnudo, por su resplandor relativo—se obtendrá así una *escala de magnitudes*.

Hiparco primero y luego Ptolomeo, dividieron ese intervalo de resplandor en seis partes, llamando de primera magnitud á las estrellas más brillantes, y de sexta á las que apenas podía percibirse. Existe así una cierta relación entre el brillo y la magnitud de las estrellas. Según Pogson, mientras el resplandor crece en progresión geométrica, las magnitudes crecen en progresión aritmética.

Para darnos cuenta más fácilmente de la diferencia de intensidad luminosa entre las estrellas, comparemos su brillo con nuestra magna fuente de luz. Sea una tarde en que la atmósfera se presenta perfectamente pura y el cielo despejado—el astro radiante se oculta ya hacia el horizonte, y su luz blanca, al atravesar oblicuamente la gruesa capa atmosférica, se descompone en sus colores simples, llegando á nosotros tan sólo los rayos menos refrangibles, de aspecto rojizo y de

intensidad tan débil que no solamente no logran herir nuestra delicada retina, sino que tampoco alcanzan á ocultarnos el brillo de alguna que otra estrella que en la azulada esfera aparece ya con su movimiento característico conocido por *cinitilación*—á los pocos minutos, cuando la luz crepuscular se haya atenuado un tanto, nuevas estrellas se harán visibles; y así, á medida que los reflejos de la luz solar vayan desapareciendo hasta llegar la obscuridad de la noche, podrá percibirse sucesivamente estrellas de más ténue resplandor. En el orden inverso, observaremos el mismo fenómeno durante la *aurora*; desaparecerán veladas por las primeras claridades del alba las estrellas menos brillantes, y recién cuando los rayos del sol dominarán completamente con su resplandor el horizonte, desaparecerán para nuestra vista las estrellas de mayor brillo. Se explica, pues, que para un cielo de idéntica claridad el orden de aparición y desaparición de las diferentes estrellas constituya respectivamente, el orden de *magnitud* de sus resplandores.

CONSTELACIONES ZODIACALES. — Por demás conocida de todos es esa ancha faja nebulosa que cruza el cielo en direcciones variables según la época del año—se la llama comúnmente *vía láctea*, nombre gráfico que especifica suficientemente

su aspecto. Dicha faja, de 16° de anchura, que los astrónomos caldeos, según Sexto Empírico, apellidaron Zodiaco—limitada por dos circunferencias paralelas y equidistantes de la eclíptica, y dentro de cuyo espacio muévase constantemente el sol, la luna y los planetas, ha sido dividida desde la antigüedad en doce partes iguales de 30° cada una—la causa de tal división se explica de la manera siguiente: Sabido es que, mientras el sol efectúa una entera revolución sobre el círculo de la *eclíptica*, la luna da en el tiempo mismo doce vueltas; de modo que, marchando después de cada encuentro breve espacio de tiempo ambos astros uno al lado del otro, la luna, en su rápido movimiento, alejaráse del sol, dará toda una vuelta de 360 grados y deberá recorrer además, un espacio de 30 grados ($\frac{1}{12} 360$) para alcanzar nuevamente al sol y marchar otro instante unidos—alejaráse de nuevo y volverá á alcanzarle á 30 grados de distancia de la anterior coincidencia y así sucesivamente, repetiráse ese fenómeno doce veces durante el año solar—en resumen: mientras el sol da la vuelta completa sobre la *eclíptica*, la luna gira doce veces en su órbita, coincidiendo, por tanto, el mismo número de veces con el sol. Los egipcios, aprovecharon las especiales circunstancias del movimiento de esos dos astros, para dividir la longitud de la faja zodiacal en doce partes ó sec-

ciones iguales, formadas respectivamente por una constelación notable, dentro de cada una de las cuales debía tener lugar una coincidencia entre el sol y la luna—por tal causa llámóseles zodiacales á esas doce constelaciones que correspondían á los meses egipcios, y fueron en su mayor parte representadas por animales. La llegada del rutilante astro á la mayor estrella más occidental de cada constelación zodiacal (*estrella guía*) marcaba el comienzo de los meses y de las estaciones, y por lo tanto, dirigía las faenas agrícolas y las periódicas cruzadas de los nómades. Se consideraba, pues, la faja zodiacal, como un inmenso reloj marcador de los meses del año en vez de las horas—las *estrellas guías* eran las divisiones del cuadrante y ambos astros, sol y luna, representaban las agujas respectivas. Más tarde, eligióse en cada constelación una estrella conveniente que llámósele *conductor* cuyos ortos señalaban las diferentes horas de la noche. Las doce constelaciones de que acabamos de hablar, ordenándolas del oeste hacia el este, son: Aries, Toro, Gemelos, Cancer, León, Virgen, Balanza, Escorpión, Sagitario, Capricornio, Acuario, Peces.

Como un medio de fijar en la memoria los nombres que anteceden en su orden, damos en seguida los versos del célebre poeta latino Ausonius:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Anphora, Pisces.

ó los siguientes, de un rimante ignoto:

Repiten Aries, Toro, Gemelos, Cancer, Leon,
Virgen, Balanza, Escorpion,
Treinta grados, ocho veces;
Y completan la division,
Sagitario, Capricornio, Acuario y Peces. .

OTRAS CONSTELACIONES.— Los antiguos siguieron dividiendo las demás partes del cielo en grupos ó constelaciones, cuyas formas, no siempre tenían analogía con los dibujos representativos— así, en el hemisferio norte, la constelación de la *Osa menor*, por ejemplo, allí donde se halla la estrella polar, nada tiene que ver su forma, con la figura con la cual se le ha representado— hay no obstante algunas excepciones— tales pueden considerarse la *Corona*, la *Serpiente*, el Escorpión, etc., cuyas formas indican bastante aproximadamente lo que representan.

Por otra parte, en el transcurso del tiempo, los astrónomos han venido modificando paulatinamente la división del cielo, corrigiendo ciertos asterismos antiguos que no cuadraban con la lógica, y creando nuevos. El documento auténtico más antiguo conocido hasta hoy, respecto de las constelaciones, es el *Espejo* donde Euxodo de Cnides describe (350 años antes de J. C.), en forma popular esos asterismos.

Tolomeo, en su *Almagesto* describe varias constelaciones creadas por Hiparco de Rodas,

agregándole él mismo varias otras en la siguiente forma:

Cielo boreal partiendo del polo: Osa menor, Osa mayor, Dragón, Cefeo, Boyero, Corona boreal, Hércules, Lira, Cisne, Casiopea, Perseo, Cochero, Ofiuco, Serpiente, Flecha, Aguila, Delfin, Potrillo, Pegaso, Andrómeda y Triángulo boreal.

Cielo austral: Balanza, Orión, Eridano, Liebre, Can menor, Can mayor, Navío ó Argo, Hidra hembra, Copa ó Caliz, Cuervo, Altar, Centauro, Lobo, Corona austral y Pez austral.

El eminente astrónomo dinamarqués Ticho Brahe, agregó la Cabellera de Berenice. Juan Bayer, á quien se debe la importante modificación que consiste en representar la superficie interior de la esfera celeste en vez de la exterior por medio de globos, como se usaba anteriormente, describió las constelaciones: Pavo real, Tucan, Grulla, Fénix, Dorado, Pez volador, Hidra macho ó Serpiente austral, Camaleón, Abeja, Ave del paraiso, Triángulo austral y el Indio.

Halley, uno de los primeros astrónomos que ocupóse del cielo austral, propuso, en 1677, separar de la parte sud de *Navío* algunas estrellas, creando así la *Cadena de Carlos II*.

Royer, en 1679, agregó la *Paloma de Noé*, la *Cruz del sur*, *Nube mayor*, *Nube menor* y *Lirio*; aunque la *Cruz del sur*, cuyas estrellas princi-

pales están fijadas en el Almagesto y representadas en la carta de Bayer, había sido ya anotada como constelación por el navegante italiano Andrea Corsoli, en 1515, y con idéntica denominación por Pigafetta, en 1520.

Hevelius, en 1690, describía los Perros de caza, Zorro, Lagarto, Sextante de Úrania, León cachorro, Lince, el Escudo de Sobieski, el Pequeño triángulo y el Cerbero.

Al célebre astrónomo Lacaille, uno de los que más estudió hasta su época el cielo austral, se debe, en 1751, la delimitación de catorce constelaciones nuevas, introduciendo reformas en el tradicional modo de nombrar esos asterismos— así él les llamó: Taller del escultor, Horno químico, Reloj ó péndula de segundos, Retículo, Buril del grabador, Caballete del pintor, Brújula, Máquina neumática, Octante, Compás del geómetra, la Escuadra y la Regla, Telescopio, Microscopio, etc. A este último astrónomo se debe también, entre otras muchas innovaciones, la de haber adoptado las letras del alfabeto griego para nombrar por orden de magnitud, las estrellas que componen una constelación, en contraposición á Bayer, que en su célebre carta celeste, designa con una sola letra griega, ó latina cuando lo cree necesario, todas las estrellas cuyo conjunto definiese una parte de la constelación.

Más tarde, J. Herschel propuso modificar com-

pletamente el sistema que hasta entonces habíase adoptado para la formación de las constelaciones, encerrando cada uno de esos asterismos en un cuadrilátero limitado por arcos de meridianos y de paralelos correspondientes á una época dada —pero parece que semejante método no se generalizó, hasta que Mr. Gould, director del Observatorio de Córdoba, adoptó para su *Uranometría Argentina* el sistema siguiente: Las constelaciones ya enumeradas de Ptolomeo, Hevelius y Lacaille se conservan intactas —la antigua del *Navío*, se descompone en *Carena*, *Popa* y *Velamen*. Dáse á las constelaciones, siempre que sea posible, nombres que consten de una sola palabra. Los límites de las constelaciones han sido elegidos de manera que encierren todas las estrellas comprendidas por lo menos hasta la sexta magnitud. designándoles con las mismas letras griegas que emplearon sus autores primitivos, y constituyendo dichos límites, siempre que nada lo impida, meridianos de ascensión recta y paralelos de declinación correspondientes á la época 1875,0 — cuando no ha podido efectuarse esto último, se les ha limitado por curvas regulares tan aproximadas como ha sido posible á círculos máximos de la esfera celeste, refiriéndose las estrellas con el objeto de fijar su posición, á las intersecciones entre meridianos y paralelos — Gould adoptó como medios de clasificar las es-

trellas de las constelaciones, los métodos ya descritos de Bayer y Lacaille.

CONSTELACIONES DEFINITIVAMENTE ADOPTADAS. — De acuerdo con la moderna división del cielo estrellado, damos en seguida los nombres de las cien constelaciones que lo constituyen, principiando desde cada polo y continuando en espiral en sentido de las ascensiones rectas crecientes, advirtiendo que indicaremos con letra bastardilla las constelaciones que figuran en el Almagesto.

CONSTELACIONES AUSTRALES

Octante	Fénix
Mesa	Eridano (bor. y aust.)
Hidra	Telescopio
Camaleón	Grulla
Abeja	Velamen ó Vela
Pavo real	<i>Lobo</i>
Indio	Popa
Tucán	Cielo
Pez volador	Escorpión
Carena	<i>Corona austral</i>
Mosca	Sagitario
Circinus ó Compás	Microscopio
Triángulo austral	Paloma
Dorado	Escultor
<i>Altar</i>	Horno
Reloj	Bomba
Retículo	<i>Pez austral</i>
Pintor	Brújula
<i>Centauro</i>	<i>Culebra</i>
Cruz	<i>Can mayor</i>
Regla ó Escuadra	Capricornio

<i>Liebre</i>	Escudo
<i>Cálix</i>	Unicornio
<i>Cuervo</i>	Sextante

CONSTELACIONES BOREALES

<i>Osa menor</i>	León cachorro
<i>Dragón</i>	Cabellera de Berenice
<i>Ceféo</i>	<i>Virgen</i> (bor. y aust.)
<i>Casiópea</i>	<i>Balanza</i> (bor. y aust.)
Reno	<i>Serpiente</i> (bor. y aust.)
Meseguero	<i>Ofiuco</i>
Girafa	<i>Águila</i>
<i>Osa mayor</i>	Antinoo
Lebreles	<i>Flecha</i>
Corazón de Carlos II	Zorro
<i>Boyero</i>	<i>Delfin</i>
Cuarto de círculo mural	<i>Potrillo</i> ó Caballo menor
<i>Corona boreal</i>	Acuario (bor. y aust.)
<i>Hércules</i>	<i>Pegaso</i>
Cerbero	<i>Peces</i> (bor. y aust.)
<i>Lira</i>	<i>Aries</i>
<i>Cisne</i>	Ballena (bor. y aust.)
Lagarto	<i>Toro</i>
Las dignidades de Federico	Erídano (bor. y aust.)
<i>Andrómeda</i>	Orión (bor. y aust.)
<i>Triángulo</i>	Gemelos
Mosca	<i>Cachorro</i> ó Can menor
<i>Perseo</i>	<i>Cancer</i>
<i>Cohero</i>	<i>Hidra hembra</i>
Telescopio de Herschel	Sextante (bor. y aust.)
Lince	<i>León</i> (bor. y aust.)

NOMBRES ESPECIALES DE ESTRELLAS.— LOS griegos y los árabes dieron nombres especiales á algunas estrellas, que los astrónomos modernos han respetado — tales son:

Sirio	que corresponde á	α Can mayor
Antares	» »	α Escorpión
Aldebarán	» »	α Toro
Regulus....	» »	α León
Demébola	» »	β León
Rigel	» »	β Orión
Betelgeuse	» »	α Orión
Bellatrix	» »	ζ Orión
Proción	» »	α Can menor
Castor	» »	α Gemelos
Pollux	» »	β Gemelos
Fomalhaut	» »	α Pez austral
Markab	» »	α Pegaso
Algenib	» »	γ Pegaso
Algol	» »	β Perseo
Sheat	» »	γ Perseo
Wega	» »	α Lira
La Perla	» »	α Corona boreal
Daneb	» »	α Cisne
La Cabra	» »	α Cochero
Arcturus	» »	α Boyero
Vendimiadora	» »	δ Virgen
Achernar	» »	α Eridano
Altair	» »	α Aguila
Canopus	» »	α Navío
Corazón de la Hidra	» »	α Hidra (h)

CATÁLOGOS, CARTAS. — Eudoxo, discípulo de Platón, fué quien primero tuvo la idea de realizar una carta en la cual pudiérase fijar la posición relativa de las estrellas. El Almagesto, encierra 18 estrellas cuya posición fué determinada por Aristilo y Timocharis (300 años antes de J. C.) —sin embargo, puede decirse que muy pocas son las posiciones de estrellas que fueron conserva-

das gráficamente por los antiguos en época anterior á Hiparco—es á este sabio á quien débese el primer catálogo bien constituido; hecho en el año 127 antes de nuestra era, encierra 1080 estrellas determinadas por su latitud y longitud;— por mucho tiempo los antiguos usaron dicho catálogo para determinar la variación de las posiciones de esas mismas estrellas. Más tarde, Ptolomeo, calculó de nuevo el catálogo de Hiparco, el cual sirvió por varios siglos á los astrónomos como base para el cálculo de posiciones anuales, hasta que en 1437 aparece un nuevo catálogo conteniendo 1018 estrellas, basado en las observaciones debidas al astrónomo árabe Ulugh-Beigh.

En 1602, Ticho Brahe da á luz el resultado de sus observaciones—la posición de 1005 estrellas que publica nuevamente Kepler en 1660; y por fin, en el año 1690, Hevelius, da á conocer su *Prodomus Astronomiæ* que contiene 1553 estrellas, cuyas posiciones eran referidas al año 1660.

Hasta este último catálogo, no se había hecho uso, para la observación del cielo, de ningún instrumento astronómico;—se trata, pues, de catálogos de estrellas observadas á simple vista en su mayor parte, casi en su totalidad puede decirse, en el hemisferio boreal—se explica, pues, el grado de precisión, por demás deficiente, de aquellos registros estelares.

La adopción del anteojo astronómico, combinado con porciones más ó menos grandes de círculos graduados de largo radio que fijábanse sólidamente á muros perfectamente verticales constituyendo el instrumento llamado *mural*, vino á perfeccionar un tanto los resultados de las observaciones, los cuales fueron paulatinamente mejorando con el agregado á tales círculos de los *micrómetros* por Morin y Gascoigne, y más tarde por la fabricación de los anteojos meridianos é instrumentos colocados en el *vertical primero* ⁽¹⁾, ordenada sucesivamente por Picard, Auzout y Roemer, ilustres sabios á quienes se debe también, entre otros trabajos de gran mérito científico, la iniciación del estudio de la marcha de las péndulas, instrumento delicado, indispensable en ciertas observaciones astronómicas.

Al notable astrónomo Halley débese el primer catálogo confeccionado con instrumentos provistos de anteojo — contiene las longitudes y latitudes de 341 estrellas australes hasta la sexta magnitud; — más tarde aparece otro catálogo debido á Flamsteed, que contiene 2934 estrellas y el de Lacaille publicado por la Asociación Británica, el cual encierra la posición de 9766 estrellas del hemisferio austral, que dicho célebre astrónomo

(1) Círculo vertical imaginario de la esfera celeste, perpendicular al meridiano de un lugar.

observara en el Cabo de Buena Esperanza. Después de esta época se convino en modificar la construcción de los catálogos, fijando la posición de las estrellas no ya por su *longitud* y *latitud* sino por medio de su *ascensión recta* y su *declinación*.

Sucédense desde luego los catálogos con exactitud creciente á medida que la potencia de las lentes y el perfeccionamiento general de los instrumentos astronómicos ha ido aumentando. El ilustre Bradley forma un catálogo, conteniendo 3222 estrellas hasta de la octava magnitud, que 75 años más tarde (1817), Bessel, uno de los más grandes astrónomos de su siglo, reduce y publica en 1818.

Con el cuarto de círculo mural del Observatorio de Göttingue, Meyer determina (1756-58) la posición de 998 estrellas hasta la 8ª magnitud que el ilustre contemporáneo Auwers reedita por última vez en 1894, después de agregar sus observaciones, bajo el patrocinio de la Academia de Berlin. La Asociación Británica hizo publicar en 1847, por su cuenta, el extenso catálogo de los Lalande (Gerónimo y Miguel), y que el profesor Schumacher había reducido á la época 1800—contiene dicho catálogo 47 390 estrellas hasta la 10ª magnitud—á la misma época de 1800 fueron reducidas las posiciones de 7646 estrellas hasta la 9ª magnitud observadas por Piazzi, el ilustre astrónomo

del Observatorio de Palermo (Italia). Hay que agregar también el catálogo de Rumker, astrónomo que observó en Hamburgo 11978 estrellas hasta la 9ª magnitud—el de la Asociación Británica en el cual reducidas al 1º de Enero de 1850, hay 8370 estrellas hasta la magnitud 7ª—el de Bessel-Weisse con 31085 estrellas reducidas á 1825—el de Argelander - Oeltzen conteniendo 26425 estrellas hasta la 9ª magnitud publicado en 1851 y reducidas sus posiciones al año 1842;—los catálogos y cartas de la Academia de Berlín, vasta obra en que tomaron parte gran número de ilustres observadores de varias naciones europeas y que más tarde fué ampliada por Chacornac, Wolf y los hermanos Henry;—por último, los dos monumentos colosales del siglo XIX: el catálogo del notable Argelander continuado después por su discípulo Schönfeld que contiene en total 457847 estrellas hasta la magnitud 10ª y el del hemisferio austral que el ilustre Gould, auspiciado por el benemérito estadista Sarmiento, dió á conocer sucesivamente en su *Uranometría Argentina* que contiene 6755 estrellas australes y 1001 boreales publicadas en 1879; el catálogo de las zonas que, dado á luz en 1884, contiene 62763 estrellas australes, y el catálogo general que el sucesor, Mr. Thome, ha continuado con el mismo éxito completándole hasta la observación de estrellas de 10ª magnitud.

PRINCIPALES CONSTELACIONES VISIBLES EN NUESTRO CIELO — CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES. — Sabido es que, estando el polo sud de la *esfera celeste* elevado de algunas decenas de grados sobre nuestro horizonte, habrá muchos astros que durante su movimiento diurno aparente, no tendrán para nosotros salida ni puesta; esto es, efectuarán toda su revolución diurna sobre nuestro horizonte, pudiendo por tal causa ser observados todas las noches del año. Dividiremos, pues, las principales constelaciones de nuestro cielo en dos partes: las que sus estrellas componentes describen paralelos que cortan nuestro horizonte y que á causa del movimiento propio retrógrado del astro del día sólo son susceptibles de observarse en ciertas y determinadas épocas — y las que describiendo, en su movimiento diurno aparente, círculos paralelos que no alcanzan á cortar el horizonte, quedan visibles para nosotros durante todo el año y que por eso toman el nombre de *circumpolares*.

ENERO, FEBRERO, MARZO

Aries, Ballena, Erídano, Perseo, Toro, Orión, Cochero, Gemelos, Navío, Can mayor, Can menor, Hidra (hembra), León, Virgen, Cuervo.

ABRIL, MAYO, JUNIO

Hidra (hembra), Navío, León, Osa mayor (una parte), Virgen, Centauro, Cuervo, Boyero, Balanza, Serpiente, Ofiuco, Escorpión, Hércules, Altar, Sagitario, Lira.

JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE

Boyero, Virgen, Balanza, Centauro, Serpiente, Hércules, Escorpión, Ofiuco, Altar, Sagitario, Lira, Aguila, Cisne, Capricornio, Delfin, Acuario, Cefeo, Pegaso, Grulla, Pez austral, Andrómeda, Fénix, Ballena.

OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE

Delfin, Cisne, Acuario, Cefeo, Pegaso, Capricornio, Grulla, Pez austral, Andrómeda, Ballena, Fénix, Erídano, Aries, Perseo, Toro, Orión, Cochero, Liebre, Paloma, Gemelos, Can mayor, Navío.

CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES

Hidra (macho), Retículo, Dorado, Tucán, Pavo real, Altar (una parte), Triángulo austral, Compás, Cruz, Centauro, Navío, Caballete, Fénix (una parte), Grulla (una parte), etc.

Puede agregarse también como curiosidad de nuestro cielo, las dos nebulosas llamadas de *Maggallanes*: *Nube mayor* y *Nube menor*.

MODO DE HALLAR LAS PRINCIPALES ESTRELLAS DE NUESTRO CIELO. — No creemos necesario dar un método especial para reconocer fácilmente las estrellas de nuestro cielo, visibles á ojo desnudo; pues cada observador puede imaginarse un método particular que con más ó menos comodidad satisfaga á tal objeto; sin embargo, damos al final de esta obra, un mapa de las principales estrellas circumpolares — las que, permaneciendo constantemente visibles en nuestro cielo, podrán servir de base en cualquier noche del año para efectuar el reconocimiento de las demás estrellas. Así, vemos que prolongando, en la dirección de su mayor estrella el brazo más largo de la Cruz, constelación bien característica (plancha I), la primera estrella de primera magnitud que encontramos, es *Achernar* ó α del *Eridano*, pudiéndose notar además, que esa línea pasa por entre las dos *Nubes de Magallanes* que siempre son visibles en noches serenas para nuestro hemisferio. También es fácil cerciorarse de que, uniendo el centro de la Nube menor con el de la mayor y prolongando esa línea una cantidad igual á la anterior, se halla *Canopus* ó α del *Navío*; y así por ese sistema puede identificarse cualquier estrella teniendo un mapa á la mano, hasta llegar á conocer perfectamente las principales de nuestro firmamento.

CAPÍTULO II

ESTRELLAS VARIABLES - PERIÓDICAS - TEMPORARIAS.
—Durante la antigüedad creyóse en la completa inalterabilidad del cielo estrellado — se consideraba á los astros que pueblan profusamente el firmamento, como invariables, tanto de posición como de tamaño y resplandor. Las observaciones modernas, más numerosas y precisas, han demostrado lo contrario; poniendo cada día más en evidencia que la energía, el movimiento, son factores primordiales que presiden los diversos fenómenos de la naturaleza — la energía y el movimiento, elementos recíprocos de cuyo enlace resulta el trabajo activo, incesante, principio motor causante de tanto cambio, de tantas modificaciones en la materia cósmica — la energía y el movimiento cuyos caracteres manifiéstanse por doquiera — ya sea en el imperceptible átomo que el químico sorprende y estudia en sus íntimas combinaciones descifrando sus maravillosas leyes de afinidad, ya sea en los inmensos cuerpos celestes, cuyo volumen de materia, el astrónomo pondera á pesar de las enormes distan-

CAPÍTULO II

ESTRELLAS VARIABLES - PERIÓDICAS - TEMPORARIAS.

—Durante la antigüedad creyóse en la completa inalterabilidad del cielo estrellado — se consideraba á los astros que pueblan profusamente el firmamento, como invariables, tanto de posición como de tamaño y resplandor. Las observaciones modernas, más numerosas y precisas, han demostrado lo contrario; poniendo cada día más en evidencia que la energía, el movimiento, son factores primordiales que presiden los diversos fenómenos de la naturaleza — la energía y el movimiento, elementos recíprocos de cuyo enlace resulta el trabajo activo, incesante, principio motor causante de tanto cambio, de tantas modificaciones en la materia cósmica — la energía y el movimiento cuyos caracteres manifiéstanse por doquiera — ya sea en el imperceptible átomo que el químico sorprende y estudia en sus íntimas combinaciones descifrando sus maravillosas leyes de afinidad, ya sea en los inmensos cuerpos celestes, cuyo volumen de materia, el astrónomo pondera á pesar de las enormes distan-

cias relativas que á su vez aprecia en medio del perpetuo rodar de tales cuerpos por el insondable abismo, y cuyas leyes de movimiento, también ha conseguido arrebatarse al misterio de las edades remotas!

A juzgar por las descripciones dejadas por Eratóstenes é Hiparco sobre las constelaciones del Escorpión y Aries habría que admitir, al compararlas con la apariencia que actualmente presentan, un cambio sensible en el brillo de las estrellas que forman dichas constelaciones — pero si se deseara prescindir de las memorias legadas por los antiguos á las cuales podría atribuírseles escasa exactitud, no pasaría desapercibido para los hombres de ciencia que dedican especial atención á la astronomía, la diferencia que existe entre el resultado de las observaciones de Bayer, en 1603, y las de Herschel que publicó en 1796, esto es, en el espacio de casi dos siglos, respecto de la intensidad de resplandor de las estrellas que componen las constelaciones: Boyero, León, Hércules, Aguila, Ballena, Triángulo, Dragón, Cisne, Casiopea, Cancer, Sagitario, Andrómeda y Capricornio. En efecto β del León, β de Balanza, α de la Hidra, α Acuario, señaladas en otro tiempo como estrellas de primera magnitud, son clasificadas hoy como de segunda. α Hércules y α del Dragón han descendido de la segunda á la tercera magnitud — y la séptima

estrella del grupo de las pléyades, no es ya posible observarle á simple vista. Cassini no pudo ver la 20^a de la constelación Peces que Tycho observaba perfectamente, ni tampoco la estrella que como de cuarta magnitud, este notable astrónomo había distinguido en la cadena de Andrómeda. La novena y la décima del Toro marcadas por Flamsteed, como de sexta magnitud, ya no se podían percibir á fines del siglo XVIII. Tampoco vese ya ϵ de la Osa Menor de Bayer; y Hevelius en su catálogo de 1660, cuenta que no ha podido distinguir, á pesar de los esfuerzos efectuados para conseguirlo, cinco estrellas de cuarta, quinta y sexta magnitud, determinadas por Tycho. La 55^a de Hércules ha desaparecido entre 1782 y 1791, y, por último, la 42^a de la Virgen ya no se percibe en la región del cielo, asignádole por Flamsteed, etc., etc. Por el contrario, la intensidad de varias estrellas ha aumentado á tal punto que hoy puede percibirse á simple vista muchas que antiguamente no han sido observadas. Así la 14^a del Lince, la 31^a del Dragón, α del Aguila, la 38^a de Perseo, etc., han aumentado de varios grados en el resplandor luminoso desde la época de Flamsteed á la de Herschel—la estrella μ del Navío que no figura en el catálogo de Tolomeo (136) ni en la Uranometría de Bayer (1603), fué señalada por Halley en 1677 como estrella de cuarta magnitud — más

tarde La Caille la contaba entre las de segunda magnitud y así fué también clasificada en los catálogos de Brisbarne, de Johnson, de Fallow y de Taylor (1822 á 1833). No obstante, desde 1811 á 1815, Burchell la cita como estrella de cuarta magnitud—John Herschel que la observó desde 1834 hasta 1837 la coloca entre las de magnitud tercera — hacia 1838 aumentó rápidamente de intensidad su brillo, hasta que en 1843 alcanzó un resplandor tal, casi comparable al de Sirio—permaneció así hasta 1854, disminuyendo en seguida gradualmente hasta que en 1868 ya no podía ser observada á simple vista.

Se han hecho objeciones respecto de las causas de semejantes cambios en los resplandores aparentes de ciertas estrellas, atribuyéndolas á imperfección de algunos catálogos, diversidad de la potencia visiva de cada observador, estado especial de la atmósfera en los lugares de observación, etc., etc.—pero aun admitiendo, en parte tales objeciones como lógicas, no puede hoy dudarse de que haya estrellas cuya luz disminuye ó aumenta gradualmente; que algunas que antiguamente eran ignoradas hoy se perciben perfectamente, mientras que otras que todos los catálogos antiguos citan, han desaparecido totalmente para los modernos observadores. Según opinión de los dos ilustres astrónomos Herschel (padre é hijo), de la cual participaba también

Arago, nuestro sol no sería otra cosa que una de tantas estrellas variables en la inmensidad del espacio celeste.

ESTRELLAS PERIÓDICAS. — Entre las estrellas de resplandor variable, hay algunas cuyo período transcurrido para volver al máximum de intensidad luminosa aparente ha podido ser determinado con bastante aproximación. Fabricius, descubrió en 1596 una estrella de tercera magnitud en la constelación de la Ballena — Bayer, en 1603, al publicar su atlas, la insertó con la magnitud cuarta; — el profesor Holwarda la volvió á observar en 1638 en las inmediaciones del cielo indicado por Fabricius; — desapareció luego para volver á presentarse á la visual del ilustre profesor holandés el 7 de Noviembre de 1639, y volver luego á distinguirse por sus alternativas ausencias y apariciones. Durante su mayor resplandor alcanzó la magnitud tercera y á veces llegó hasta la segunda, pero luego disminuía paulatinamente hasta hacerse invisible. Aunque el período parecía oscilar al rededor de 333 días, no obstante, Hevelius le halló muy irregular — asegurando que durante los cuatro años transcurridos entre Octubre de 1672 á Diciembre de 1676, á pesar de sus asíduas observaciones, no la había podido ver ni una sola vez. Más tarde, J. Cassini, y por último los astrónomos contem-

poráneos, han deducido que las variaciones de resplandor aparente de esa estrella llamada *Omicron* de la Ballena, ó más generalmente *Mira ceti* ó simplemente *Mira*, se cumplen en 331 días más ó menos—que la duración de su máximo de brillo aparente (segunda á tercera magnitud) es de 15 á 20 días; después de cuyo tiempo su luz disminuye durante tres meses—vuélvese en seguida invisible durante cinco meses, empleando luego tres meses para volver á su primitivo resplandor. Hay astrónomos que le atribuyen á *Mira* un aumento progresivo en su período luminoso, pero, según el ilustre Argelander, en un ciclo de 88 períodos, el lapso de tiempo que media entre dos resplandores iguales, oscila alrededor de 331 días y 15 horas, con una variación en más ó en menos de 25 días.

La más curiosa después de *Mira*, es *Algol* ó β de Perseo en la cabeza de *Medusa*—su período es exactamente de 2 días, 20 horas, 48 minutos y 53 segundos, de suerte que cumple 127 períodos por año. Se mantiene de segunda magnitud durante 2 días y 14 horas, decreciendo luego durante un poco menos de 3 horas y media hasta descender á un resplandor menos de la cuarta magnitud. El período de *Algol* fué descubierto en 1669 por Montanari y calculado en 1782 por Goodricke. A partir de aquella época,

la duración del período enunciado parece haber disminuido de algunos segundos.

Variaciones aun más complicadas presenta β de la Lira; pues según Argelander, su período íntegro, de 12 días, 21 horas, 47 minutos, se divide en cuatro fases de igual duración —es decir, próximamente de 3 días y cinco horas cada una. En la primera fase aumenta desde la quinta hasta la tercera magnitud disminuyendo en la segunda tan sólo hasta la cuarta; aumenta en la tercera fase de la cuarta á la tercera magnitud, para volver por fin á la quinta —la duración de todas sus diversas evoluciones no parece ser constante —cada período total resulta ser de unos pocos segundos más largo que el precedente.

Otra estrella cuyo período de variación en la intensidad luminosa aparente va alargándose es α del Cisne. Para calcular la duración actual del período, representando por n el número de períodos cumplidos desde el 28 de Noviembre de 1687, Olbers ha dado la siguiente fórmula, sencilla de resolver:

$$404^{\text{ds}}, 758 + 0^{\text{d}}, 022\ 890\ 8\ n$$

El estudio atento de la variación de los períodos luminosos en las estrellas de resplandor variable, indicará con el tiempo si esa variación sigue un mismo sentido indefinidamente, ó si existe un límite más allá del cual volverá á re-

correr las mismas fases en sentido opuesto. Por lo pronto, podemos reasumir las observaciones anteriores sobre las estrellas variables en esta forma:

- 1º Algunos períodos son extremadamente rápidos, descendiendo hasta 24 horas y aun menos. Tales estrellas de período rápido son por lo general bastante brillantes y la amplitud de su oscilación no suele ser considerable.
- 2º Un segundo grupo de períodos se halla comprendido entre 27 días y 71 días.
- 3º No se ha notado aún ningún período que se halle comprendido entre 71 y 120 días.
- 4º Las otras estrellas variables periódicas hallanse comprendidas todas entre 120 y 722 días — son generalmente poco brillantes, y la amplitud de su variación es á menudo considerable.

Para explicar las variaciones de resplandor de *Mira*, Boulliau, al admitir con Kepler la rotación de las estrellas sobre sí mismas, supone que, á semejanza de nuestro sol, las diversas regiones de sus superficies no poseen la misma intensidad luminosa; y que, por lo tanto, al girar, nos presentarían alternativamente sus faces de desigual poder luminoso; razón por la cual notamos un cambio alternativo en su brillo.

Maupertuis suponía que esas estrellas periódicas, por razones de la extrema velocidad de rotación, hubiesen tomado por la acción de la fuerza centrífuga, una forma notablemente aplastada, hasta ofrecer una configuración lenticular—cuando por los movimientos combinados de la estrella y de la tierra sobre su órbita vemos á aquélla en dirección de su eje de rotación, le contemplamos en su máximum de resplandor—mientras que todo lo contrario acontecerá mirándole en el momento que nos presenta el canto de la lente. Goodricke, explica las fases de *Algol* admitiendo que un satélite obscuro gira alrededor de esa estrella en 2 días y 21 horas—cada vez que dicho satélite se interpone entre la estrella y la tierra, se produce para nosotros un eclipse parcial de aquélla, cuya duración total es de siete horas.

ESTRELLAS TEMPORARIAS. — Hay estrellas que, habiéndose presentado á nuestra vista en la plenitud de su brillo, han ido, no obstante, extinguiéndose lentamente hasta desaparecer por completo—tales estrellas toman el nombre de *temporarias*—su aparición es sumamente rara; á tal punto que suele pasar varios siglos sin distinguirse una sola.

Para no alargar demasiado el presente tema citaremos solamente algunas de esta clase de es-

trellas aparecidas durante el siglo XIX. Hacia fines de Abril de 1848, el astrónomo Hind descubrió, en la constelación Serpiente una estrella nueva perfectamente visible al ojo desnudo, y de cuarta á quinta magnitud — según las referencias del astrónomo nombrado «se nota en ella (en la estrella) varios colores, tales como el rojo, azul, verde y amarillo — cuando se halla cerca del meridiano, su color se vuelve de un amarillo obscuro, con súbitas emanaciones de luz roja. Su aspecto es sin duda diferente al de una estrella ordinaria». Al cabo de un mes, la estrella se había reducido á la sexta magnitud; dos meses más tarde á la séptima, y así disminuyó progresivamente hasta la magnitud undécima.

Vióse aparecer súbitamente el 12 de Mayo de 1866 una estrella de segunda magnitud en la constelación de la *Corona* — el 14 ya había descendido á la magnitud tercera — el 16 á la cuarta, el 19 á la quinta y así disminuye rápidamente hasta el 1º de Julio, en cuya fecha llega á la décima — permanece así hasta el 27 de Agosto, principia á aumentar su brillo hasta llegar á la magnitud séptima á fin de Octubre, descendiendo luego de nuevo hasta la décima.

El astrónomo Schmidt descubre el 24 de Noviembre de 1876 una estrella de tercera magnitud en la constelación del Cisne, que, disminuyendo luego progresivamente, llegó á la magnitud duodécima con un aspecto nebuloso.

Numerosas son las hipótesis surgidas á propósito de las estrellas *temporarias*; pero en general, si bien satisfacen en conjunto, ninguna explica con precisión la causa determinante de ese fenómeno curioso. Esos resplandores súbitos seguidos á menudo de una disminución gradual y otras veces de un cambio repentino, podríamos decir caprichoso, de intensidad luminosa— las variaciones de color, de titilación, etc., revelan indudablemente en esos cuerpos celestes, una incesante actividad física ó química y muy probablemente ambos caracteres á la vez, como acontece, quizá en menor escala, en la superficie de nuestro sol.

Según Cyprianus Leovitius, en 945 apareció una estrella entre Cefeo y Casiopea — la misma región del cielo donde en 1264 hubo una aparición semejante. Sin embargo, puede asegurarse que el primer fenómeno de esa especie, basado sobre datos históricos serios, es la famosa aparición de 1572. Cuéntase, en efecto, que en la noche del 11 de Noviembre de ese año, en circunstancia en que el célebre astrónomo Tycho Brahe, abandonaba el Observatorio para dirigirse á su casa, halló en el camino á un grupo de pueblo que azorado observaba en la constelación Casiopea, una estrella extraordinariamente brillante. Sorprendido Tycho por la estraña actitud de su pueblo que anhelante pedíale informes so-

bre ese fenómeno astronómico, cuéntase que confesó no haberlo notado antes y deploró amargamente no haber abandonado el observatorio media hora más tarde, en cuyo lapso de tiempo diz hubiera llegado en sus observaciones á esa región del cielo. Y en efecto, si bien es verdad que según propias declaraciones de los astrónomos Moestlin y Munatius, quienes exploraron esa región estelar antes que Tycho, no observaron ningún nuevo cuerpo luminoso, Apiano (hijo) dice haber visto esa estrella el 10 de Noviembre de aquel mismo año; y Maurolycus, según Libri (*Histoire des sciences mathématiques en Italie*, libro II), la había observado dos días antes, esto es, el 8 de Noviembre. La estrella en cuestión, de un color blanco resplandeciente comparable á *Sirio*, sin vestigio de cola ni cabellera, fué aumentando aún más su brillo hasta igualar al del planeta *Júpiter* y luego al de *Venus*— puesto que llegó á distinguirse perfectamente á simple vista en pleno medio día. En Diciembre del mismo año comenzó á decrecer su resplandor cambiando paulatinamente de color, hasta que en Enero de 1573 volvió á ser inferior en brillo á *Júpiter*, habiendo adquirido un color amarillento. El mismo Tycho, hacia fines de Marzo de este último año, la asimilaba á *Aldebarán* por su resplandor y á *Marte* por su color rojizo pronunciado, el que no persistió mucho

tiempo, transformándose luego en un blanco plomizo.

En aquella época en que las creencias religiosas, mal administradas y peor dirigidas solían hacer presa á las masas populares de las más torpes supersticiones, es fácil suponerse el efecto desastroso que tales fenómenos celestes inesperados, producirían en los ánimos timoratos de las muchedumbres ignorantes — y aún los sabios de la trabajada y vieja Europa solían sacrificar las verdades científicas resultado de sus propias investigaciones, para armonizarlas en lo posible con las convencionales interpretaciones de los versículos bíblicos. Es así que Cardan, por ejemplo, sostenía que la estrella temporaria á que nos referimos en el presente parágrafo, era la misma que la que guiara á los magos en su ruta hacia Bethléem, y el poeta Teodoro de Beze, uno de los principales jefes del protestantismo en el siglo XVI, pretendía que la aparición de ese nuevo astro anunciaba el segundo advenimiento de Jesucristo. Según Riccioli, el astro que nos ocupa era de la categoría de los que en el firmamento presentan una mitad tan sólo iluminada, y que Dios hace girar sobre su centro para mostrarles á los hombres, cuando quiere anunciarles algún grave acontecimiento. Peucer pensaba que dicho fenómeno era producido por la conjunción del planeta Júpiter, y Cyprianus

Leovitius agregaba que la conjunción tenía lugar también con Marte.

El mismo Tycho, en un principio sacrificó en aras de las creencias religiosas dominantes en aquella época todas sus doctrinas, que después desarrolló con mayor amplitud. En efecto, consideró primero la estrella de 1572 como la misma que, según el historiador judío Flavio Josefo, apareció durante un año sobre los muros de Jerusalén como un anuncio de la futura rendición de aquella ciudadela — y luego, entrando en consideraciones más filosóficas, supuso al espacio impregnado de una materia *celestes*, *diáfana* y extremadamente enrarecida, la que, por su contracción globular, daría nacimiento á los astros. La nueva estrella, según el notable astrónomo danés, estaría formada como las otras, de esa materia difusa, pero mezclada, en ese caso, con partes menos puras y de un grado menor de condensación; razón por la cual durara su brillo por tan corto tiempo y á expensas de la luz solar. La materia celeste, aunque esparcida por doquiera en el espacio, sería, no obstante mucho más abundante en la *Vía Láctea*; lo cual explicaría por qué tal estrella formóse en esa región luminosa de la esfera celeste. Kepler aprovechó de ese feliz pensamiento de Tycho para desarrollar su teoría, atribuyendo la formación de los astros á la condensación de la *materia ce-*

leste. Más tarde, Fortunio Liceti continuó propagando esa teoría, diciendo que los astros nacen por *condensación* y no por creación propiamente dicha; y Longomontanus llega hasta negar que la *Vía Láctea* pueda estar formada por estrellas únicamente; sino que, esparcida en toda la extensión de dicha faja, existiría una materia *cósmica* apta para dar origen á los cometas.

La aparición de esa nueva estrella marcó para la astronomía el principio de una nueva era de prosperidad y grandeza. Profundamente impresionado por semejante inesperado fenómeno celeste, Tycho se propuso reformar las bases de la ciencia que estudia el universo, dando comienzo á su hermoso catálogo, verdadero pedestal granítico de la astronomía moderna, y en cuya confección empleó ese gran astrónomo, todas las energías de su trabajada existencia.

CAPÍTULO III

VELOCIDAD DE LA LUZ.—Que los sentidos humanos, fisiológicamente considerados, son incapaces por sí solos de apreciar una gran parte de los fenómenos naturales, es cuestión poco menos que indiscutible — y que la relativa rigidez de dichos sentidos es susceptible de suavizarse mediante una educación apropiada hasta conseguirse transformar, casi por completo, el modo de apreciación de esos mismos fenómenos, es un hecho probado por la lenta, pero positiva evolución que la civilización humana ha experimentado desde la más lejana edad hasta nuestros días. Y si nos detuviéramos por un momento á estudiar el estado actual de la vida del hombre, constataríamos fácilmente la diferencia notable que por lo general existe en el estado de relativo desarrollo de sus respectivos sentidos, entre dos personas de distinta profesión y aun de diferente grado de cultura social. Mientras el astrónomo, por ejemplo, avezado por la índole misma de su labor cotidiana á la apreciación de las magnitudes estelares percibirá perfecta-

mente un astro de quinta magnitud perdido en la inmensidad del espacio etéreo, y sabrá fraccionar el segundo de tiempo hasta el punto de apreciar con bastante exactitud una parte alícuota de esa pequeña unidad — el altivo morador de las dilatadas pampas argentinas, de hábitos rústicos, pero cuya potencia visiva es sorprendente y cuyo aguzado oído podría compararse al más delicado micrófono, no verá, ciertamente, la estrella de quinta magnitud, ni fraccionará tampoco el segundo — pero en cambio, hará lo que el astrónomo no podría *a priori* imitar — distinguirá perfectamente un pequeño bulto perdido á varias leguas de distancia en el amplio horizonte de sus hermosas llanuras nativas; y su sensible membrana auditiva vibrará al unísono del más leve rumor que de lejano paraje la onda aérea apenas habrá alcanzado á transmitir.

El químico, en sus largas y pacientes investigaciones, ponderando el átomo de materia con su sensible balanza, llega á familiarizarse de tal modo con el infinitamente pequeño físico, que otro cuyos sentidos fueran menos adiestrados, no podría siquiera concebir — y el artista por temperamento, que experimenta emociones de placer inefable en la audición de las soberbias armonías del *Lohengrin* ó del *Tanhauser*, sufriría el mayor de los suplicios si hubiera de escuchar los cantos desentonados y las notas mo-

nótonas que, no obstante, constituyen el más puro solaz del habitante indómito del Africa bárbara y salvaje.

Así, pues, no es de extrañarse que los antiguos, con sus limitados y deficientes medios de investigación científica, consideraran la luz como un elemento material que se propaga desde el ojo del observador con *velocidad infinita* hasta *palpar* el cuerpo luminoso ó iluminado y determinar su imagen—lo cual equivalía á admitir la instantaneidad de la luz—cuando en realidad, lógicamente no puede concebirse que un fenómeno físico de cualquier naturaleza que sea, pueda desarrollarse é impresionar nuestros sentidos sin la intervención del tiempo. Aunque Máximo de Tyro primero, y más tarde Bacon ocupáronse de la propagación de la luz, admitiendo, después de varias consideraciones filosóficas muy justas, que tal propagación, si bien muy rápida, no podía ser instántanea; débese á Galileo y á Descartes las primeras experiencias en el campo de la práctica, tendientes á dilucidar completamente esa importante cuestión científica.

La teoría de Descartes, que contiene el gérmen del sistema moderno de las ondulaciones, establece que la luz no nos es *enviada* por los cuerpos luminosos. Las partículas de la luz, redondas y perfectamente elásticas, estarían diseminadas y oprimidas entre sí, ocupando todo el

universo—en estado de reposo constituirían las tinieblas; su movimiento engendraría la claridad, de suerte, pues, que cada punto de un objeto visible puede siempre ser considerado como el extremo de una fila de tales partículas, cuya otra extremidad termina precisamente en nuestra retina. Todo cuerpo *luminoso* tendría la propiedad de excitar y agitar sucesivamente las moléculas elásticas, ejerciendo presión sobre una de las extremidades de la *fila*—comunicaría el movimiento á la otra extremidad que descansa en el ojo del observador y le transmitiría *instantáneamente* la sensación de la luz. «Así acontece, se expresaba Descartes, cuando la extremidad de un bastón se oprime contra un objeto resistente—la mano, colocada en la otra extremidad, recibe *inmediatamente* la impresión de esa resistencia.» Con el fin de apoyar su opinión sobre la instantaneidad de la propagación luminosa en la autoridad de los hechos, el ilustre filósofo y matemático francés, invoca los fenómenos astronómicos, dándoles una interpretación arreglada previamente á sus teorías. Es así como en una de sus cartas fechada en 1634, decía: «Si la luz necesitara un tiempo cualquiera para llegar del sol ó de la luna á nuestros ojos, jamás veríamos un eclipse en el mismo instante en que realmente se produce; jamás veríamos el sol, la luna ni otro astro cualquiera en el sitio que *ocupa*, sino

en el lugar que el astro *ocupaba* en el instante en que se *hizo* la emisión de la luz. Pues los eclipses concuerdan con los anuncios de los astrónomos; luego la luz no emplea tiempo apreciable en venir del sol ó de los planetas hasta nosotros.» Ese espacio de tiempo transcurrido entre la producción del fenómeno celeste y el instante en que el observador le aprecia, existe realmente, á pesar de enunciarlo Descartes como contraverdad para apoyar su opinión particular —el error consiste en haber afirmado que: «los eclipses concuerdan con los anuncios de los astrónomos», cuando en vez son los anuncios de los astrónomos que concuerdan con los eclipses; por cuanto esas predicciones están basadas precisamente en las observaciones no interrumpidas por muchos años y hasta siglos, del mismo fenómeno — de modo que la predicción del astrónomo se refiere al instante de la percepción del fenómeno y no al de producción. Por otra parte, esta manera de apreciar las cosas, no alteraría en lo más mínimo la duración del fenómeno; puesto que la diferencia apuntada entre el instante de producción y el de percepción, debido, precisamente á la no instantaneidad de la luz, sería igual al principiar como al concluir el espectáculo celeste.

En el eclipse de sol, por ejemplo, en que la luna se interpone entre aquel astro y la tierra,

sea que consideremos los rayos luminosos como un transporte de materia *emitida* por el sol, ó como simples vibraciones de acuerdo con la idea de Descartes, el hecho es que la luna intercepta por algunos momentos los rayos solares, impidiendo que lleguen á nuestra vista los que, desde ese mismo instante físico partieron del astro radioso con rumbo hacia nosotros; pero no podrá impedir que continúen su camino y sigan hiriendo nuestra vista los rayos que acababan de abandonar al sol un instante antes que este astro nos fuera cubierto por la luna. Estos últimos rayos no cesarán de llegarnos á pesar de la interposición del satélite, y el eclipse no principiará para nosotros hasta no haber llegado á nuestro ojo el último rayo que partió del sol antes de principiar la producción local del fenómeno. Podemos entonces afirmar que nosotros, á causa precisamente de la no instantaneidad de la luz, percibimos el principio y la conclusión de un eclipse, *más tarde* del instante en que se realiza cada una de dichas fases. Igual cosa podríamos decir de las ocultaciones de los satélites de Júpiter tras del disco de dicho planeta, cuyos instantes de inmersión y emersión, el astrónomo calcula refiriéndolos al tiempo de percepción y no al de su respectiva producción local, la que tiene lugar *antes*, esto es, con una anticipación señalada por el tiempo que emplean los rayos lu-

minosos en recorrer la distancia que media entre Júpiter y la Tierra. La salida y puesta de los astros, lo mismo que su paso al meridiano para un lugar cualquiera del globo terrestre, son fenómenos celestes que tampoco se perciben en el mismo instante que se producen — en efecto, el sol, por ejemplo, cuyos rayos tardan próximamente ocho minutos trece segundos en llegar á nosotros, en el curso del movimiento de la rotación de la tierra, cuando nuestro punto de estación llegue á ser precisamente el de tangencia del primer rayo solar que hiera nuestra retina, ya hará ocho minutos trece segundos á que dicho rayo habrá abandonado la superficie del astro del día — y por tanto, en ese lapso de tiempo, el sol habrá podido elevarse sobre nuestro horizonte de un ángulo calculado en $20'',25$, que traducido en tiempo equivale á un segundo y tercio próximamente; intervalo que avalúa la *posterioridad* de la percepción del fenómeno del *orto*, respecto de su verdadera realización.

Si bien es verdad que tratándose de la salida y puesta del sol, y en general de cualquier astro, ese último guarismo (un segundo y tercio), es completamente despreciable, por cuanto en el cálculo de la hora del orto y ocaso debe intervenir también la refracción atmosférica, que como es sabido, su efecto es máximo en el horizonte y su valor, en tales condiciones, no ha podido

hasta el presente determinarse con precisión matemática, por depender en gran parte, de circunstancias meteorológicas más ó menos complicadas; pero que, por lo general, altera en más de dos minutos de tiempo la realidad del fenómeno—el hecho es que, apreciable en grado relativo, según los casos, aquella diferencia de tiempo entre la apariencia y la realidad, existe siempre en la producción de los espectáculos celestes, y, como lo veremos luego, hay casos especiales en que la velocidad de la luz es tenida en cuenta en los cálculos astronómicos.

Como se ve, la no instantaneidad de la propagación de la luz, había sido admitida ya por algunos filósofos y pensadores de la antigüedad y de la edad media; pero faltaba aún la sanción de la experiencia—y fué el ilustre Galileo de los primeros que intentara conseguir la demostración práctica de ese importante hecho físico, aunque el mismo célebre filósofo italiano reconocía que los medios de experimentación empleados eran insuficientes y sólo servirían para dar una vaga idea de la velocidad de la luz, sin sospechar siquiera que su descubrimiento de los satélites de Júpiter, daría lugar á que otro sabio realizara una notable experiencia que dió la clave de tan importante investigación. En efecto, se debe al ilustre astrónomo danés Olaüs Roemer, ayudante de Picard, el haber descubierto, analizando las

tablas construídas por J. D. Cassini, que indicaban los instantes en que debían tener lugar los eclipses de los satélites de Júpiter, una discordancia uniforme entre los datos de dichas tablas calculadas para las distancias medias de Júpiter á la Tierra y las observaciones efectuadas respectivamente cuando aquel planeta se halla en *conjunción* y en *oposición*; es decir, cuando se encuentra en una sola línea respectivamente Júpiter-Sol-Tierra, y Júpiter-Tierra-Sol. — Roemer dedujo que la luz empleaba 22 minutos en atravesar diametralmente la órbita terrestre. Más tarde, Duhamel afirmó que esa distancia era recorrida «en media hora próximamente». Horrebow, discípulo y amigo de Roemer, le atribuye 28 minutos y 20 segundos. Cassini le asigna tan sólo 14 minutos y 10 segundos, y, por fin, Delambre, mediante la discusión de más de mil eclipses del primer satélite de Júpiter, fija dicha velocidad en 16 minutos y 26 segundos.

Se deduce de lo expuesto, que el ilustre astrónomo dinamarqués, no obtuvo de su notable experiencia el verdadero valor de la velocidad de la luz, á causa, sin duda, de las dificultades inherentes á las observaciones y por la escasez de datos astronómicos — fué por esa misma causa que sus deducciones no fueron adoptadas sino después de su muerte que acaeció en 1710, sucesivamente por Pond, Fouchy, Whiston — y Ma-

raldi, que había rebatido la explicación de Roemer en 1707, no admitió sus resultados sino en 1741, cuando el ilustre astrónomo inglés Bradley apoyó el método de Roemer con el descubrimiento del fenómeno de la aberración de que luego trataremos detenidamente.

Para concluir con este tema de la velocidad de propagación de la luz, cuyo valor más generalmente empleado es 300000 kilómetros por segundo, teniendo en cuenta que tal propagación se efectúa en el aire, damos en seguida los tiempos empleados por la luz solar, para propagarse respectivamente á los diferentes cuerpos de nuestro sistema planetario:

Hasta Mercurio	3 ^m 11 ^s
» Venus	5 57
» Tierra	8 13
» Marte	12 32
» Asteroides	20
» Júpiter	42 46
» Saturno	1 ^h 18 20
» Urano	2 37 40
» Neptuno	4 6 30

En cuanto á la luna, hallándose en media cuatrocientas veces más cerca de nosotros que el sol, su luz no emplea sino un segundo próximamente en llegar á la tierra.

CAPÍTULO IV

ABERRACIÓN DE LA LUZ Y PARALAJE DE LAS ESTRELLAS. — Cualesquiera que sean las consideraciones que hagamos acerca del modo de propagación de la luz para explicar satisfactoriamente los fenómenos diversos que á ese elemento se refieren, podemos siempre asimilar su marcha por el espacio, á la de un cuerpo animado de un movimiento rectilíneo; lo que por otra parte está de acuerdo con las apariencias, puesto que todo pasa como si los rayos luminosos partiesen del ojo para dirigirse en línea recta al objeto que se observa.

Para mejor comprender la parte esencial de esta importante cuestión, principiaremos por el siguiente ejemplo: supongamos que en un día sin viento, en que la atmósfera se halla en una calma completa, se desencadene una copiosa lluvia—las gotas de agua, abandonadas tan sólo á la acción de la gravedad, caerán verticalmente sobre el suelo, de tal modo que, una persona en reposo y al abrigo de un simple paraguas, no correría riesgo de mojarse—puesto que, en

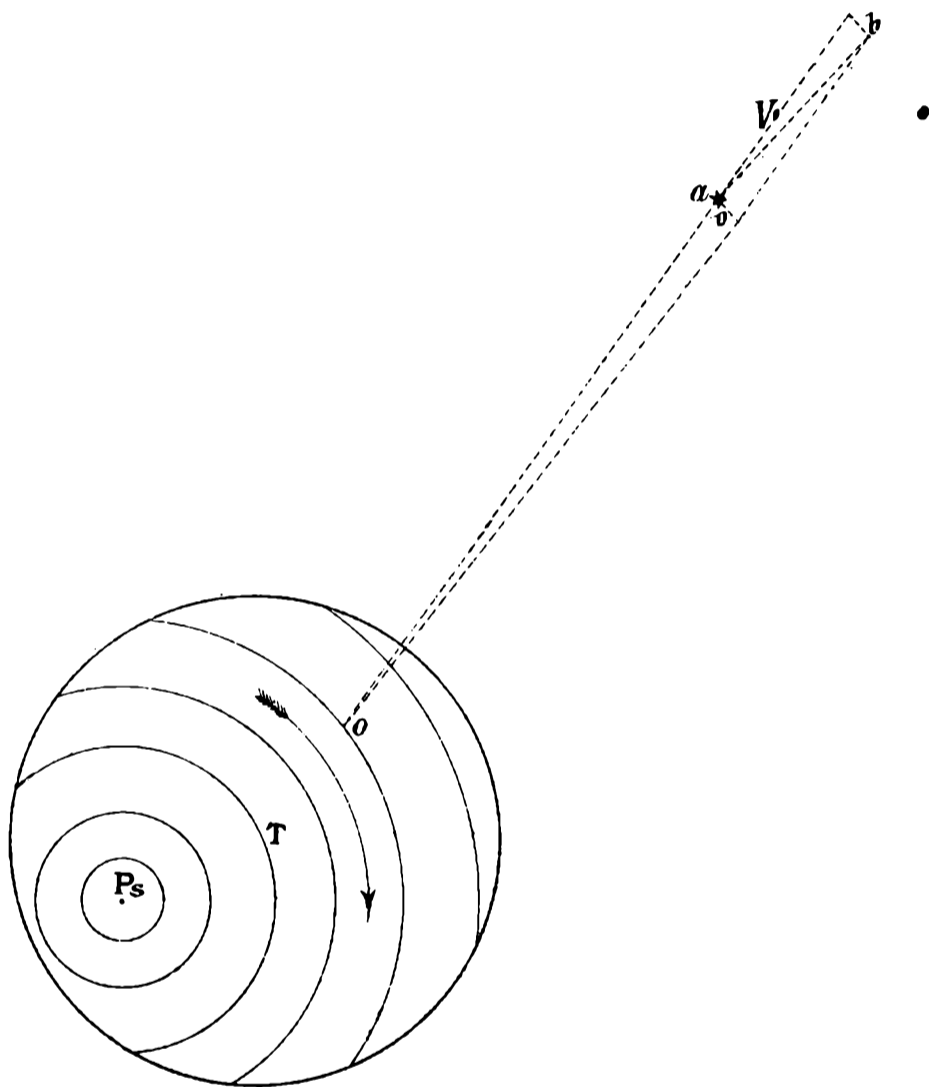
medio de la calma supuesta, el agua, al caer sobre el paraguas, cuyo contorno podemos considerarle un polígono en que los vértices fueran las extremidades de las varillas que forman el armazón, se escurriría por sus bordes, animada de la misma velocidad adquirida por la lluvia al llevar al suelo, envolviendo á la persona, en un prisma recto *acuoso* cuyas aristas las constituiría el agua que cae de las extremidades de las varillas; las bases de ese prisma serían respectivamente el contorno del paraguas y su proyección vertical sobre el suelo, y el eje, completamente al reparo del agua, lo sería el vástago ó mango del mismo paraguas cuya prolongación hasta el suelo la constituiría la persona considerada.

Pero apenas ésta eche á andar, el agua que se escurre por los bordes del paraguas, no sólo estará animada de la velocidad adquirida por las gotas de lluvia, sino también de la del movimiento del portador del instrumento citado — el agua que cae del paraguas, ya no lo hará verticalmente sino que, como lo enseña la mecánica, cada gota recorrerá la diagonal del paralelógramo construído sobre dos lados — representando en magnitud y dirección: uno, la velocidad con que caen las gotas de lluvia libre, y el otro, la velocidad de la persona ó del paraguas. El prisma *acuoso* se habrá transformado de recto en oblicuo

y el experimentador, si fuere sucesivamente aumentando su velocidad, principiará por mojarse los pies, luego las piernas, y si su carrera sigue acelerándose, llegará hasta empaparse por completo toda la parte anterior del cuerpo, mientras la parte posterior seguirá al abrigo del aguacero protegido por el paraguas.

Supongamos ahora que las gotas de lluvia se truequen en rayos de luz provenientes de una estrella y que la marcha de la persona considerada anteriormente, sea en vez la rotación de la tierra al rededor de su eje. Las velocidades de ambos movimientos son conocidas. El punto del cielo hacia donde se dirige la visual del observador, esto es, la estrella, estará situado sobre la diagonal de un paralelógramo, uno de cuyos lados representará en magnitud la velocidad de la luz y se hallará dirigido hacia la posición verdadera de la estrella, es decir, hacia el sitio del cielo donde el observador la vería si la tierra permaneciese inmóvil; el otro lado representará en magnitud y dirección la velocidad de rotación de la tierra. Esa translación del rayo luminoso, tiene por efecto hacer aparecer un astro siempre hacia *adelante* de su posición verdadera, en el sentido del movimiento de rotación de la tierra. Así sea o la posición de un observador sobre la superficie terrestre en un sitio cuya velocidad lineal, consecuencia de la de rotación, esté repre-

sentada por un cierto valor ν y llamemos V á la velocidad conocida de la luz — sea a la posición verdadera de una estrella — considerando á a como una de las extremidades de la diagonal



del paralelogramo en que las velocidades ν y V son los lados respectivos, la otra extremidad b de esa diagonal constituirá la posición aparente de la estrella; de tal modo que el observador, en vez de divisarla según oa , lo hace según ob — la línea ab será así la resultante de ambas velocidades. A esa translación del rayo luminoso,

medida por el pequeño ángulo $a o b$ es á lo que dáse el nombre de *aberración diurna*; su valor máximo para un punto dado de la tierra, tiene lugar cuando la dirección del movimiento de rotación terrestre es perpendicular al rayo visual, es decir, en el momento en que el astro pasa por el meridiano del punto de observación— y para los diversos lugares de la tierra, la *aberración diurna* va aumentando desde los polos donde permanece nula hasta el ecuador donde adquiere el valor máximo, que es $0'' 32 = 0^s, 021$.

Los astrónomos, al observar el instante del paso al meridiano de cada estrella, suelen calcular con precisión el valor de la *aberración diurna* para tenerlo en cuenta en las operaciones ulteriores.

Hemos visto anteriormente que, según las deducciones de Delambre, la luz emplea $16^m 26^s$ ó 986 segundos en recorrer el diámetro de la órbita terrestre, supuesta circular, sin error sensible; empleará luego 3,14 veces más, es decir, 3069 segundos en recorrer la circunferencia. Pero la tierra necesita 365 días y 24 centésimos para efectuar su translación completa, ó lo que es igual 31556736 segundos, esto es, 10192 veces más tiempo que la luz.

Si se construye entonces un rectángulo en que uno de los lados tenga el valor 1 y el otro esté representado por 10192, es fácil deducir por un

simple cálculo trigonométrico el ángulo que la diagonal de ese rectángulo hace con el mayor de los lados, y se hallará $20''{,}25$, que es el valor máximo del ángulo de *aberración anual*. Las observaciones más modernas dan una constante de la aberración anual un poco mayor que la anteriormente consignada. Struve, á raíz de gran número de observaciones precisas efectuadas por él en el *vertical primero*, admitió como valor definitivo de la *aberración anual*, $20''{,}445$ que fué el mismo coeficiente adoptado por J. Herschel.

Según el mismo Struve, comparando las observaciones de la Polar á las de la pequeña estrella cercana, halló que la aberración es menor para ésta que para la primera. La luz de la pequeña estrella se propagaría más rápidamente que la de la mayor y la relación de las respectivas velocidades, sería según el mismo astrónomo de $\frac{134}{133}$. Aunque la astronomía ha llegado en sus apreciaciones casi hasta lo ideal, conviene, no obstante, esperar de diversos conductos la confirmación de ese descubrimiento; pues la relación enunciada es tan pequeña, que aún podría ser disuelta en los errores de que aún son susceptibles las observaciones modernas.

PARALAJE. — El cambio aparente de posición relativa que experimentan dos ó más objetos observados en conjunto respectivamente desde dos

puntos de estación, uno de los cuales es considerado como de referencia absoluto, es lo que en general se denomina con el nombre de *paralaje*. Así, si desde un punto fijo determinado se abarca con la mirada las dos aristas extremas de un edificio, se le verá bajo un cierto ángulo, constante para todo el que le observe desde ese mismo punto — pero trasladado el observador á otra estación, cambiará á su vez, en general, el ángulo bajo el cual apreciaba la extensión del edificio, dependiendo la amplitud de dicho ángulo, no sólo de la posición del nuevo vértice con relación al primero, sino también de la distancia al edificio observado. Ese cambio aparente ó error relativo de apreciación visual, constituye una paralaje. Es evidente que entre los innumerables puntos de estación que el observador puede elegir para divisar desde ellos el edificio, habrá alguno para el cual el error relativo ó paralaje será máximo. Puede cometerse también un error de paralaje al leer una graduación cualquiera (barómetro de mercurio, termómetro, etc.), cuando no se dirige la visual normal al plano de la graduación en el punto señalado por el índice ó línea de referencia.

Para poder comparar en astronomía las observaciones que desde los distintos puntos de la superficie terrestre se efectúan sobre los astros que como la luna y los planetas no se conside-

ran situados á distancia infinita, hay que reducir las todas á lo que serían si los varios observadores se trasladasen al centro de la tierra; es decir, que conviene deducir de las coordenadas de los astros observados desde los diversos puntos de estación, las coordenadas *geocéntricas*— la corrección que en cada caso hay que efectuar para obtener las coordenadas geocéntricas, denominase *paralaje*. Queda desde luego de manifiesto que para hacer tales reducciones es preciso conocer: por una parte, las coordenadas *geocéntricas* del observador y por la otra, la distancia del astro considerado á la tierra — toda vez que dicha distancia sobrepasara de 2062648 radios terrestres, la corrección de paralaje será menor que $0'',1$ y por lo tanto casi despreciable.

El máximo de tal corrección para el sol es de $8''9$; para Neptuno, $0''3$ —de donde se deduce que la corrección del paralaje que depende del radio terrestre, no puede aplicarse sino á los astros de nuestro sistema solar.

Siendo tan grande la distancia que media entre la tierra y una estrella cualquiera, aun la más vecina, si nos imaginamos que un observador colocado en uno de estos últimos astros pudiera divisar el globo terrestre, le vería indudablemente bajo un ángulo nulo, esto es, como un simple punto—más como la tierra describe al rededor del sol una línea plana poco diferente

de un círculo cuyo radio sería próximamente de 23 000 radios terrestres, se ha adoptado como *paralaje de una estrella* el ángulo bajo el cual se vería desde la estrella, aquel de los radios de la órbita terrestre que fuere perpendicular á la recta que une la estrella considerada al centro del sol. Fácil es comprender el efecto que la paralaje debe producir sobre la posición aparente de las estrellas, si se piensa que uno cualquiera de estos astros puede ser considerado como el vértice de un cono cuya base sería la órbita terrestre—si la estrella estuviese tan próxima de nosotros para que el ángulo al vértice del cono tenga un valor apreciable, aquélla parecería recorrer, por un efecto de perspectiva, la segunda napa del cono, en tanto que la tierra se mueve recorriendo realmente la primera napa. Es entonces evidente que, mientras mayor sea la distancia de la estrella al plano de la órbita terrestre, menor será la semi-abertura del cono ó el ángulo bajo el cual se vería el radio de dicha órbita desde la estrella, ángulo que generalmente denomínase *paralaje anual* ó *paralaje de las fijas*. Fijando la dirección de la estrella en el momento en que la tierra se halla en el extremo de uno de los radios de su órbita y haciendo igual determinación á los seis meses de intervalo, cuando la tierra se encuentre en la extremidad del radio opuesto, las dos direcciones así

obtenidas, forman un ángulo doble de la paralaje—comparando luego el valor de las coordenadas obtenidas en ambas épocas, se podrá apreciar con una exactitud que dependerá de las circunstancias de las respectivas observaciones, el valor de la paralaje. La práctica ha demostrado que las paralajes así definidas son aun casi inapreciables — para ponerlas en evidencia suele compararse el astro cuya paralaje quiere determinarse á otro astro muy cercano al primero, pero cuya paralaje sea casi nula — hecha esa determinación en dos épocas separadas por un intervalo de seis meses y empleando para ello un micrómetro se halla con bastante aproximación las paralajes relativas.

El astrónomo F. Struve fué quien, en 1836, determinó por este método la paralaje de α de la Lira obteniendo $0''2$; poco después, en 1840, Bessel halló la de δ del Cisne, igual á $0''35$. Después de la muerte de este último ilustre astrónomo alemán, Peters determinó nuevamente la paralaje de la misma estrella, por un método distinto al empleado por Bessel, y encontró como resultado $0''349$, que, como se ve, difiere del anterior en sólo $0''001$. La sorprendente semejanza entre ambos resultados, obliga á admitir dichos valores como definitivos, evidenciando una vez más la exactitud extrema que han alcanzado las modernas observaciones astronómicas dirigidas

por hombres de la talla intelectual privilegiada de los que acabamos de nombrar.

El astrónomo Henderson, observó en el Cabo de Buena Esperanza gran número de estrellas del hemisferio austral, habiendo hallado 0"23 como valor de la paralaje de Sirio, y 0"92 para α del Centáuro. Este último resultado, que después fué confirmado por Maclear, nos demuestra que es la bella estrella doble del Centáuro la más próxima á nosotros de entre las innumerables que pueblan la inmensidad del espacio.

CAPÍTULO V

TELESCOPIOS REFRACTORES Y REFLECTORES. — Antes de entrar á la descripción somera de los instrumentos astronómicos del Observatorio de La Plata y de otros de importancia universal, objeto primordial de esta obra, diremos algunas palabras sobre lo que se entiende por telescopios refractores y reflectores, enviando al lector para mayores detalles referentes á lentes espejos y anteojos á cualquier tratado de física.

Los *anteojos refractores*, poseen en una de las extremidades del tubo, una lente llamada objetivo, que refracta los rayos luminosos procedentes de un astro cualquiera, concentrándolos hacia su foco — los *anteojos reflectores*, en vez de una lente, poseen un espejo esférico ó parabólico que refleja esos mismos rayos, haciéndoles converger también hacia su punto focal. Es en este punto donde en ambas clases de anteojos se coloca un marco metálico, que aloja, formando dos planos superpuestos, uno fijo y el otro movable por medio de una rosca terminada por un tambor graduado, un número más ó me-

nos grande de finísimos hilos suministrados comúnmente por una araña especial: la *epcira diadema* la cual produce hilos tan delgados que noventa de ellos formarían apenas el grueso del filamento del gusano de seda.

El marco fijo con los hilos (verticales y horizontales) toma el nombre de *retículo*; y el movable con sus hilos y tambor graduado cuya vuelta completa equivale al paso de la rosca, llámase *micrómetro* y sirve para efectuar medidas de alta precisión. Es sobre el retículo, situado entre el ocular y su foco correspondiente, donde debe producirse la imagen clara del astro proyectada por el objetivo; de donde se deduce que en los anteojos astronómicos, la distancia entre el objetivo y el ocular, es menor que la suma de sus respectivas distancias focales.

CENTRO ÓPTICO DEL OBJETIVO.— Hay un punto sobre la lente, que por lo general coincide con el centro, por donde los rayos luminosos la atraviesan sin experimentar desviación alguna— es el *centro óptico* del objetivo.

EJE ÓPTICO DE UN ANTEOJO, es la línea recta que une el centro óptico del objetivo y el punto donde se cruzan el hilo horizontal con uno vertical del *micrómetro*, cuya posición ha sido especialmente determinada— cuando el eje óptico

coincide con el eje geométrico del tubo, toma el nombre de *línea de mira*.

AUMENTO EN LOS ANTEOJOS ASTRONÓMICOS. — Se llama *aumento* en un anteojo astronómico, á la relación entre el diámetro aparente de la imágen vista en el anteojo, y el diámetro aparente del astro á simple vista — se demuestra en física que dicha relación es igual á la que existe entre la distancia focal del objetivo y la del ocular — de modo que si designamos por F la distancia focal del objetivo y con f la del ocular, tendremos que el aumento a estará expresado por $a = \frac{F}{f}$. El medio de conseguir que aumente el valor actual a de la fracción, sin que varíe el numerador F , consiste en disminuir el denominador f ; lo cual nos demuestra que se puede hacer crecer el *aumento* de un anteojo con sólo sustituir el ocular que posee, por otro cuya distancia focal f , sea menor.

Hay anteojos en los instrumentos astronómicos que poseen un juego de varios oculares de distancia focal diferente, y que se emplean según el aumento que quiera obtenerse. Para determinar aproximadamente el aumento de un telescopio cualquiera, bastará dividir el diámetro del objetivo por el del ocular. Existe sin embargo un aparato llamado *dinámetro* por medio del cual se puede medir con exactitud, tanto el

diámetro del objetivo como el de la imagen del objetivo considerado como objeto luminoso, formada en el plano focal conjugado del ocular.

CLARIDAD DE LAS IMÁGENES PRODUCIDAS POR LOS SISTEMAS ÓPTICOS. — Entre los astros que se observa con los anteojos, hay algunos, como la luna, los planetas, etc., que poseen diámetro aparente; mientras que las estrellas, aun las de primera magnitud, no poseen diámetro aparente sensible—en ambos casos, el objetivo del anteojo produce una imagen en su plano focal (formado por el retículo) concentrando allí los rayos de luz que su superficie alcanza á recibir de entre los infinitos que el astro irradia por el espacio. No obstante, mientras en el primero de estos ejemplos el ocular del anteojo al aumentar el tamaño de la imagen disminuye su claridad puesto que debe repartirse esa misma cantidad de luz enviada por el objetivo sobre mayor superficie— en el segundo, esto es, tratándose de la observación de estrellas, que, como ya se ha dicho, carecen de diámetro aparente, el ocular, si bien es verdad que aumenta, como acabamos de ver, el tamaño de las imágenes de los objetos que poseen dimensiones, no podrá llegar jamás á *crearle* dimensiones á la imagen de un simple punto luminoso—de modo que, por el solo hecho de que el objetivo concentra hacia

un punto los rayos emanados de una estrella, forma allí, en ese punto mismo, una imagen que aprovechada toda por la *pupila* del ojo del observador, resulta más brillante que la propia estrella observada á ojo desnudo — y lo sería aún más si el número de rayos luminosos concentrados por el objetivo fuese mayor, lo que sucedería si la superficie de dicho objetivo fuese más extensa. Resulta en definitiva de lo dicho, que: 1º Tratándose de objetos que tienen diámetro aparente sensible, *el brillo de las imágenes que dan los anteojos es inferior al de los objetos mirados á simple vista; y el máximum de claridad que se puede obtener en esos aparatos es el de la visión directa.* 2º *El brillo de la imagen de un punto luminoso es proporcional á la superficie del objetivo del instrumento empleado; ó en otros términos: La presencia del instrumento, aumenta la visibilidad de la estrella con relación al cielo, proporcionalmente al cuadrado del diámetro del objetivo* ⁽¹⁾.

Suponed, por ejemplo, que con un buen ante-ojo de mediano poder, observáis el planeta Saturno — os sorprenderá ciertamente la claridad de la imágen del globo central del planeta y la nitidéz con que se destacará la perspectiva de

(1) Recordando el conocido corolario de geometría: «Las áreas de las figuras semejantes son proporcionales á los cuadrados de sus líneas homólogas» deduciremos en seguida, que las superficies de los objetivos son proporcionales al cuadrado de sus diámetros.

sus resplandecientes anillos; pero felices de vosotros si alcanzáis á distinguir también el más grande de sus ocho satélites, cuyo brillo sólo es comparable á una estrella de octava magnitud! Vuestro antejo, sería sin duda, una espléndida adquisición. No obstante, si os dirigís al Observatorio de La Plata, por ejemplo, con el propósito de observar el mismo planeta á través del *gran ecuatorial*, y lleváis la creencia de que, en virtud de su gran aumento, podréis distinguir sobre la superficie del hermoso astro, hasta indicios de vida orgánica, quedarán seguramente defraudadas vuestras esperanzas — apenas si os encontraréis con un Saturno considerablemente aumentado pero asaz menos iluminado y por lo tanto, atenuada la nitidez de sus contornos y el esplendor maravilloso de sus anillos. En cambio, distinguiréis bien claro, no solamente todos los satélites, sino estrellas menos brillantes y que, con vuestro flamante antejo, no alcanzábais siquiera á vislumbrar. Tales hechos, tienen su explicación en los principios de óptica que acabamos de enunciar.

La aplicación que de las lentes, ese portentoso descubrimiento atribuído al acaso, hiciera el célebre físico y astrónomo italiano Galileo Galilei, construyendo el primer telescopio, con el cual descubría sucesivamente los cuatro satélites de Júpiter — hecho notable que hizo exclamar entu-

siasmado á su genial contemporáneo Keplero aquella frase famosa: *¡Venciste Galileo!*— señala para la ciencia astronómica, el principio de una nueva era que tocóles seguir ilustrando con su respectivo genial tributo, al gran Newton, á Hevelius, Huyghens, Roemer, Cassini, Pond, Airy, Herschel, Laplace, Arago, Plana, Bessel, Leverrier, Carlini, Schiapparelli, etc., etc., creando y profundizando luego la astronomía física, que completa con sus investigaciones nuevas la concepción del sistema solar, y consolida para siempre la hermosa teoría de la formación del universo.

En efecto, si se exceptúa el sol y la luna, astros que, á causa de sus sensibles diámetros se prestan mayormente al estudio á simple vista de sus respectivas superficies (no obstante haberse descubierto las manchas solares, con ayuda del telescopio), los demás astros hubieran seguido por los siglos de los siglos su eterna ruta en la inmensidad del espacio, desfilando ante la débil vista de la criatura humana, cual inmenso kaleidoscopio, y apenas si se hubiera alcanzado á estudiar sus movimientos, sin llegar á establecer entre esa infinidad de puntos brillantes multicolores que constituye la ideal esfera celeste, la diferencia racional entre los planetas que debían resultar mundos iluminados á igual que la tierra por los rayos del mismo sol, y que quizá reci-

ban del mismo astro radiante las energías vitales que nuestro planeta ostenta en tan variadas formas — y las estrellas, que resultaron ser otros tantos soles que, á semejanza del nuestro, irradian calor, luz, electricidad, etc., ó en menos palabras — energías en sus múltiples manifestaciones — sobre sus respectivos sistemas planetarios, guiando su movimiento y contribuyendo en conjunto á constituir ese admirable equilibrio que impera por doquiera en la inmensidad del universo. Sin embargo, la potencia á que puede llegar un telescopio para permitir observar en condiciones ventajosas la superficie de los astros de diámetro sensible, no puede ultrapasar ciertos límites, como ya lo hemos manifestado (un aumento representado por 1500 á 2000) y si se piensa que por la medida cada vez más exacta de las paralajes, resulta que la distancia que nos separa de la estrella más próxima es aun más de doscientas mil veces la que media entre la tierra y el sol; y que, por tanto, necesitaríamos un antejo cuyo aumento estuviese representado por *doscientos mil* para poder observar en buenas condiciones esa estrella del tamaño de nuestro sol á simple vista, comprenderemos fácilmente que nos encontramos hoy, respecto de otros sistemas planetarios, en las condiciones que los antiguos sin el auxilio de nuestros poderosos telescopios, se hallaban respecto á nuestro

sistema. Estamos, pues, obligados, con los elementos que hasta hoy posee la astronomía física, á limitarnos al estudio directo de nuestro sistema solar, contentándonos con proceder por simple analogía cuando nos impulse á salir de tales límites la fantasía inagotable de nuestro cerebro. La aplicación del análisis espectral á la determinación de los elementos constitutivos de las estrellas, es una prueba de lo que acabamos de aseverar.

INSTRUMENTOS PRINCIPALES DE UN OBSERVATORIO.
Los instrumentos esenciales de un observatorio astronómico son: el *péndulo* á tiempo sideral y los cronómetros, destinados á *medir y conservar* el tiempo, compuestos de un aparato llamado *motor* que imprime y mantiene el movimiento del mecanismo en general — del *regulador* que permite conservar la uniformidad del movimiento — y del *cuadrante* ó *indicador*, donde varias agujas que giran impulsadas por el movimiento de ciertos engranajes, marcan las horas, los minutos y los segundos de tiempo.

El *anteojo meridiano* que sirve para determinar el instante en que los astros pasan al meridiano ó su *ascensión recta*.

El *círculo mural* que se empleaba hasta ha poco para la medida de las *declinaciones*. Estos dos últimos instrumentos se colocan de modo

que el eje óptico del anteojo respectivo, al girar éste, describa exactamente el plano meridiano del lugar de observación.

Fácil es concebir estos dos instrumentos reunidos en uno solo, compuesto de un anteojo cuyo eje óptico, como en los ya descritos, engendre en su movimiento el plano meridiano, y un círculo lateral cuyo plano sea paralelo á ese mismo plano, y que, dividido en grados, minutos y fracciones de minutos de arco, pueda medirse usando un nonio ó un microscopio micrométrico con bastante exactitud, los ángulos verticales descritos por el eje óptico del anteojo. Tal instrumento, muy empleado hoy en los observatorios, por medio del cual puede determinarse á la vez la ascensión recta y declinación de los astros, toma el nombre de *Círculo meridiano*.

ECUATORIAL. — Consiste en resumen, en un anteojo que, en vez de moverse en un solo plano como sucede con los instrumentos que acabamos de nombrar, puede hacerlo simultáneamente alrededor de un eje inclinado con respecto á la vertical en dirección al eje terrestre, y de otro eje perpendicular al primero y solidario con él — ambos movimientos giratorios del anteojo, son medidos por círculos graduados provistos de *nonio*; de tal modo, que con estos instrumentos, en vez de esperar á que el astro cruce por un

cierto plano para observarle, se dirige el anteojo hacia cualquier posición del cielo donde se encuentre el cuerpo celeste que se quiere observar, y, por medio de los círculos de que dicho aparato está provisto, se mide con bastante aproximación la posición que ocupa en un instante dado en la esfera celeste, esto es, su *ascensión recta* y *declinación*. Dada la disposición especial de las piezas de este instrumento que permiten al anteojo explorar toda la parte del cielo que en un momento dado cubre el horizonte de un lugar, ha sido necesario dar al recinto que encierra el aparato una forma y disposición adecuada, cubriéndola con una techumbre metálica giratoria provista de una ranura ó ventana, que permita cuando se halla abierta, dirigir el objetivo hacia el cielo estrellado.

CAPÍTULO VI

Descripción de instrumentos del Observatorio Astronómico de La Plata

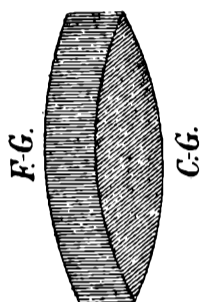
GRAN ECUATORIAL. — Gravitando sobre una sólida base de mampostería aislada del pavimento de la sala á fin de evitar toda conmoción, se eleva el soporte de hierro fundido *aa*, sobre el cual se apoya, descansando sus extremidades, respectivamente sobre un par de rodillos *bb*, un eje de rotación *cc*, denominado *eje horario*, dirigido con suficiente aproximación según el eje del mundo, é inclinado por consiguiente con respecto al horizonte de La Plata, de un ángulo igual á $34^{\circ} 54' 30''$, que representa precisamente la latitud de dicho lugar. Hace cuerpo con el *eje horario* un gran círculo *d*, llamado *círculo horario*, normal al eje, dividido en horas y minutos de 0^h á 24^h , y aumentando el número de las divisiones en sentido contrario á las del cuadrante de un reloj; de tal modo que actuando sobre la manija *m'*, al moverse el *círculo horario* en unión de su eje arrastrando consigo el

anteojo h hacia el oeste, los números que representan las divisiones van aumentando al pasar sucesivamente por frente de un índice fijo, el cual señala, en cualquier posición del cielo que se halle dirigido el anteojo, el *ángulo horario* correspondiente. Un prisma á reflexión total colocado en p , permite efectuar cómodamente las lecturas del *círculo horario* que dá el *ángulo horario* de un astro, por medio de un anteojo e .

Perpendicularmente y formando cuerpo con el *eje horario*, existe otro, f , llamado *eje de declinación*, en una de cuyas extremidades está fijo normalmente, un círculo graduado de 0 á 360°, g , denominado *círculo de declinación* — alrededor de este último eje, puede girar, juntamente con un *nonius* aplicado al *círculo de declinación*, el anteojo h cuyo eje óptico debe por construcción permanecer perpendicular al *eje de declinación* en cualquier posición que se le coloque. La otra extremidad k de este eje, sirve tan solo de contrapeso al instrumento, cuyo equilibrio es tan perfecto, que cualquier movimiento que se le imprima cesa con el impulso mismo, quedando de nuevo todo el instrumento en reposo.

El anteojo principal h , de nueve metros próximamente de longitud, lo forma un tubo de hierro que, con el objeto de limitar en lo posible la flexión, se le hace afectar la figura de dos troncos de cono rectos, siendo la unión de sus

bases máximas la parte media de dicho tubo. En una de sus extremidades, va adaptado el objetivo de 0^m43 de diámetro, compuesto de dos lentes yustapuestas: una biconvexa de *crown-glass*, y la otra cóncavo-convexa de *flint-glass*,



(Fig. a)

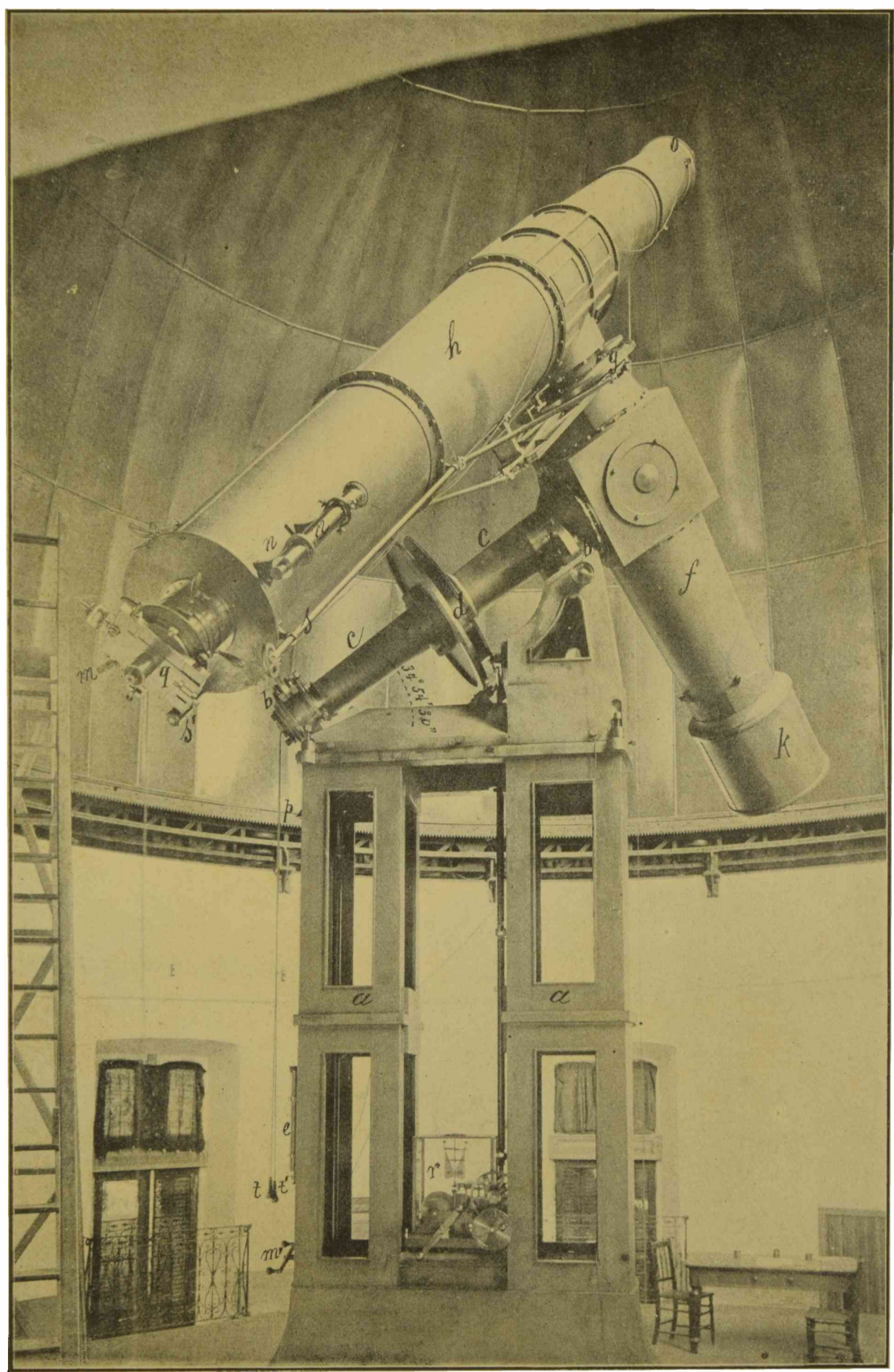
formando así un sistema llamado *acromático* que impide casi totalmente la descomposición de los rayos de luz blanca que le atraviesan en la proximidad de los bordes, en rayos de colores simples—fenómeno que, á producirse en los instrumentos astronómicos, alteraría notablemente la nitidéz de las imágenes. En la otra extremidad del tubo, cerca del foco principal de la lente objetivo, va adaptado un juego de pequeños lentes que constituye el *ocular q*.

Del lado del ocular y sobre el mismo tubo del antejo, están fijos otros dos pequeños anteojos *m, n*; el primero sirve para leer las graduaciones del *círculo de declinación* y el segundo, de campo bastante grande para encontrar fácilmente la imagen del astro que se busca, denominase *buscador*; debiendo el eje óptico del bus-

cador ser paralelo al del anteojo principal, una imágen que se halla en el medio del campo del primero, debe ser visible también en el principal.

Accionando verticalmente sobre una ú otra de las dos cuerdas $t t'$, puede abrirse ó cerrarse un freno que permite ó impide, según se desea, la revolución del eje y círculo horario cuando se actúa sobre el manubrio m' . Cerrado el freno y fijo por consiguiente el círculo horario, se puede, poniendo en acción un aparato de relojería r , dar á dicho círculo, y de consiguiente al anteojo, un movimiento de rotación de igual sentido y velocidad angular que el del movimiento diurno, de tal modo que pueda automáticamente seguirse la rotación diurna de un astro. Todo movimiento que se imprime al anteojo alrededor del eje horario, se llama *movimiento en ascensión recta* y el que se efectúa alrededor del eje de declinación, toma el nombre de *movimiento en declinación*.

Para permitir ó impedir á voluntad, el libre movimiento del anteojo en declinación, se afloja ó se ajusta, según el caso lo exija, la llave s — consíguese, una vez ajustada esta última llave, un movimiento lento en declinación, actuando sobre la otra llave s' . Para concluir con la somera descripción de este instrumento relativamente moderno, agregaremos que la iluminación interior se efectúa por medio de pequeñas lam-



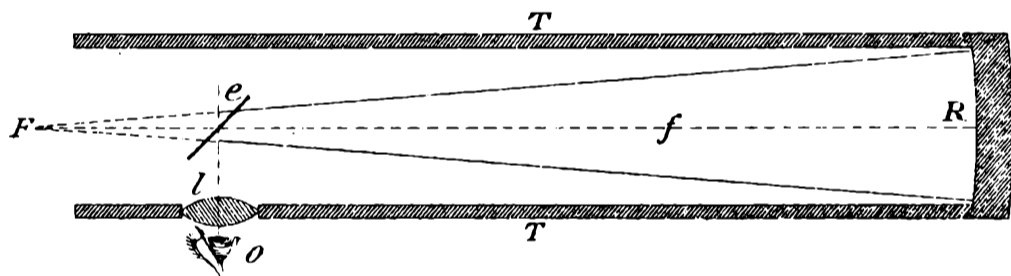
Gran ecuatorial del Observatorio La Plata

parillas eléctricas que el observador maneja cómodamente y á voluntad desde su puesto, á fin de alumbrar más ó menos el plano de la retícula, según la magnitud del astro que observa.

PEQUEÑO ECUATORIAL. — Este instrumento, de dimensiones mucho más reducidas y de construcción más antigua que el anteriormente descrito, tiene una disposición enteramente semejante; sólo que el círculo de declinación *g*, está situado en la misma extremidad del *eje de declinación f*, donde se halla el contrapeso *k* del anteojo *h*. El anteojo, cuyo largo es de tres metros próximamente, es alumbrado interiormente por una lámpara exterior *l* á gas acetilino ó á aceite según convenga, con suspensión cardánica para conseguir que se mantenga en una posición constante á pesar del libre movimiento del anteojo, y provista de un reflector que concentra los rayos de luz sobre un pequeñísimo espejo, el cual, situado en el eje mismo del anteojo é inclinado de 45° respecto de dicho eje, envía á su vez esos rayos hacia el ocular, iluminando la retícula — el observador puede, manejando desde las inmediaciones del ocular un ingenioso sistema de obturador, graduar á voluntad la luz que la lámpara proyecta. La lente objetivo, de veintiun centímetros de diámetro, es también acromática y las demás partes accesorias del aparato son se-

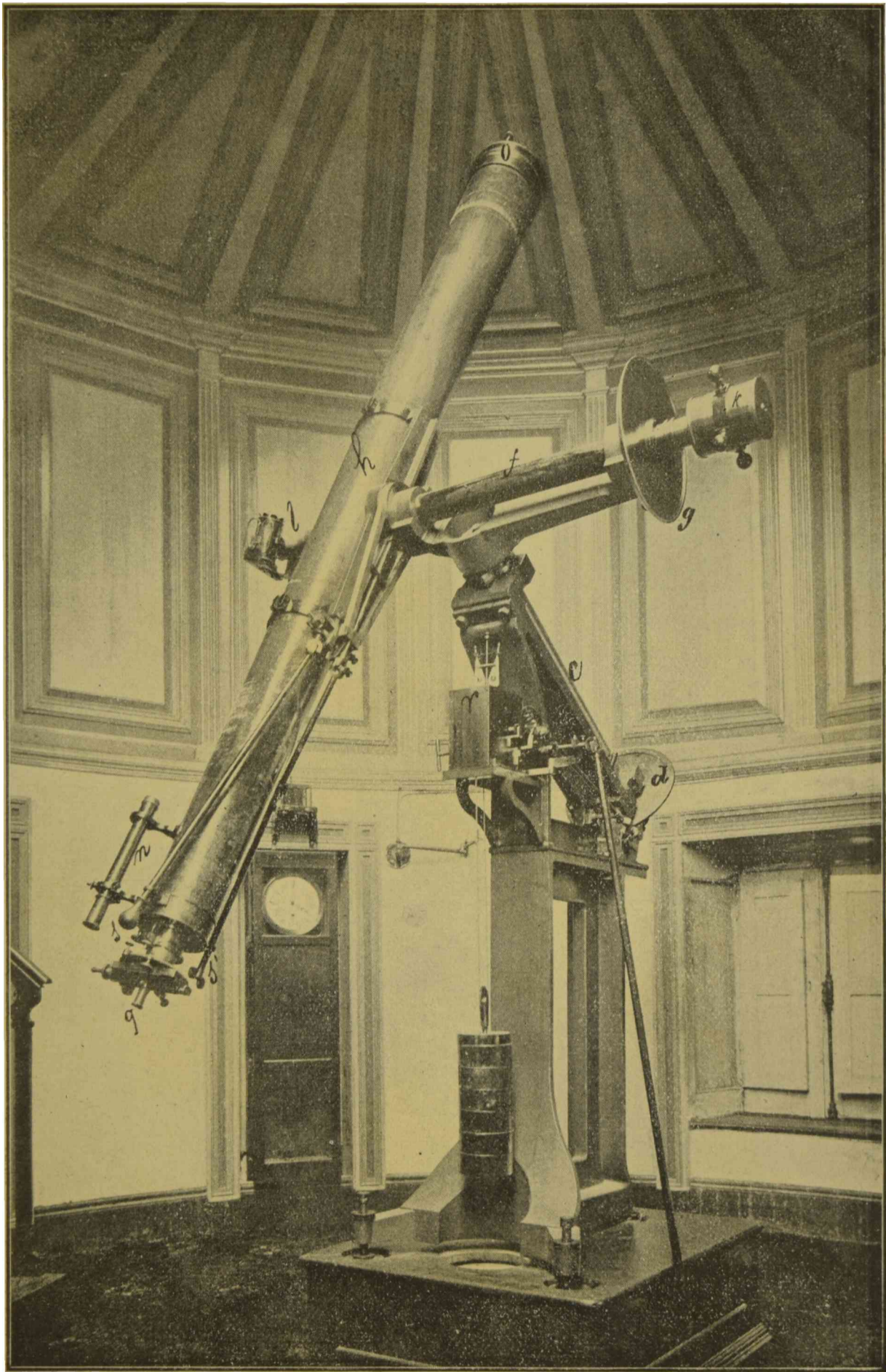
mejantes á las del *gran ecuatorial*, por cuya razón nos limitaremos á señalarlas en la lámina representativa, respectivamente con las mismas letras.

TELESCOPIO GAUTIER.— Sea un tubo de fundición T , uno de cuyos fondos lo constituye un reflector cóncavo parabólico de vidrio plateado R , de 83 centímetros de diámetro, destinado á concentrar sobre un espejo plano e , inclinado de 45 grados sobre el eje f del tubo, la imagen de un astro, la cual, reflejada á su vez por



(Fig. b)

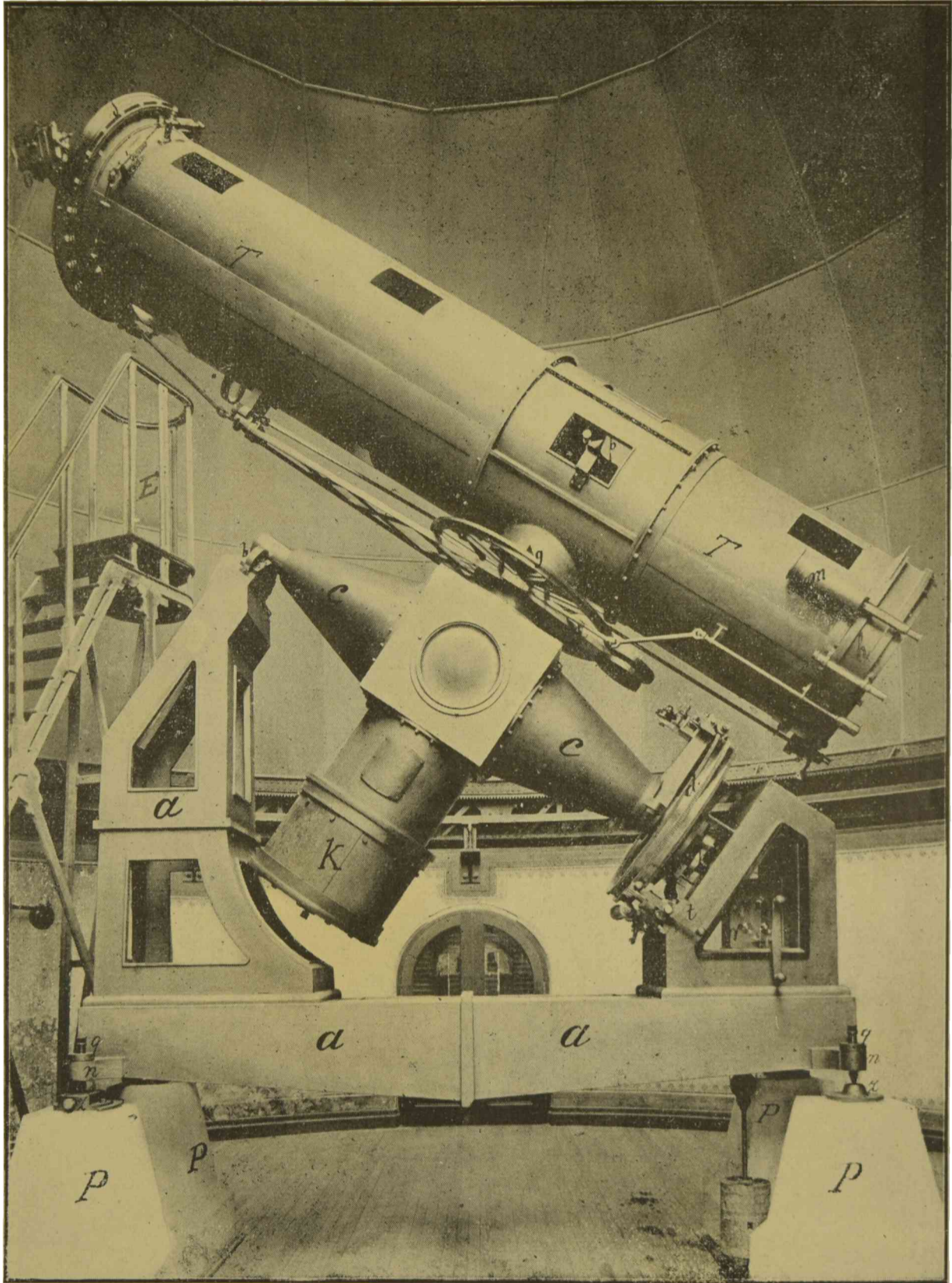
dicho espejo plano, atraviesa el ocular l , dirigiéndose aumentada hacia el ojo o — tendremos así en general, un telescopio de Newton, perfeccionado por el célebre físico Foucault. Instalemos dicho telescopio sobre una armadura tal, que permita imprimirle todos los movimientos propios de los ecuatoriales que acabamos de describir, y obtendremos el instrumento representado por la lámina III, que nos muestra el telescopio Gautier, del Observatorio de La Plata, y que, en



Pequeño ecuatorial del Observatorio La Plata

resumen, puede describirse así: $PPPP$, las cuatro secciones del gran pilar aislado que soporta todo el peso del instrumento, el cual descansa por las puntas de acero de cuatro pernos q sobre igual número de tazas \varkappa del mismo metal, colocadas respectivamente sobre cada una de las secciones del pilar; de tal modo que, imprimiendo á cada par de dichos tornillos un movimiento de torsión, éstos, apoyando sus filetes sobre los de la tuerca n , toman un movimiento longitudinal en dirección de su eje vertical, levantando ó bajando todo el instrumento por una de sus extremidades y permitiendo así efectuar cómodamente su perfecta nivelación — aaa , soporte metálico terminado en sus cúspides por un juego de rodillos bb , destinados á sostener y permitir su libre revolución al eje polar cc , que en su movimiento arrastra consigo las demás partes del instrumento, marcando sus revoluciones sobre el *círculo horario* d ; k contrapeso y extremidad del eje de declinación, alrededor del cual puede girar el tubo T , cuyos movimientos son registrados sobre el círculo de declinación g dividido en grados y minutos de arco cuya lectura se facilita por medio del anteojo m y el prisma rectangular p , situado frente al plano de dicho círculo. Ubicado en h al interior del tubo, hállase el reflector parabólico que concentra los rayos luminosos sobre el espejo plano

situado también en el interior y en la extremidad opuesta del tubo, espejo que á su vez refleja las imágenes hacia el ocular *o*, situado lateralmente, y por donde el observador colocado sobre una escalera apropiada *E*, puede ver aumentada la imagen de cualquier astro de diámetro aparente apreciable. Posee también este instrumento su aparato de relojería *r*, que imprime á todo el sistema un movimiento de rotación alrededor del eje polar *cc*, de velocidad angular igual á la de rotación de la tierra; pudiéndose, si se desea, efectuar ese mismo movimiento por medio del manubrio *t*. Los demás movimientos lentos del aparato, pueden efectuarse á voluntad, por medio de llaves símiles á las de los ecuatoriales descritos. El reflector, compuesto de un gran disco de vidrio cuya superficie cóncava está cubierta de una ténue película de plata adherida por un procedimiento electro-químico, y bruñida luego de modo á formar un perfecto espejo parabólico, substituye, al parecer con ventajas pecuniarias, á las grandes lentes objetivos; pues es sabido que aun en nuestros días, en que el arte difícil de la óptica ha alcanzado tanta perfección, el costo de estos cristales crece notablemente con el aumento de diámetro, hasta el punto de llegar á constituir la base del valor material de todo el instrumento. No obstante, si se tiene en cuenta la facilidad

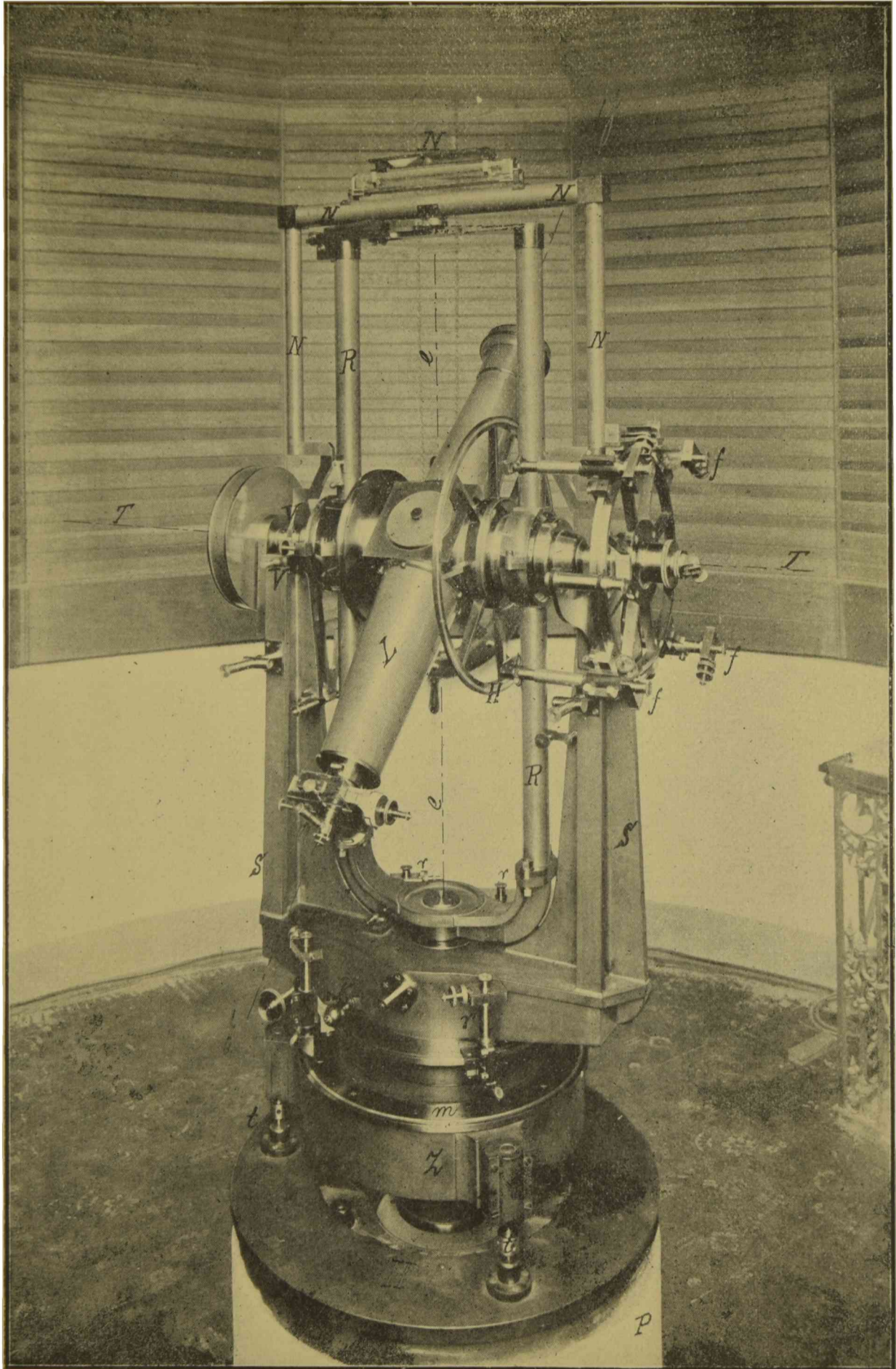


Telescopio reflector Gautier del Observatorio La Plata

con que se deteriora la película de plata con el cambio continuo de temperatura y estado higrométrico del aire — así como por causa del obligado frotamiento periódico á que debe sujetársele con el fin de eliminar el polvo atmosférico que con el tiempo se acumula sobre la pulida superficie — y si á todo ello se agrega la dificultad, por no decir absoluta imposibilidad, de hallar en los países sudamericanos obreros experimentados y maquinarias especiales para volver á efectuar el plateado y bruñido, resultará fácil convencerse de que las ventajas de los reflectores sobre los refractores, son para nosotros tan solo aparentes; pues tales instrumentos requieren, para su conveniente conservación, un gasto apreciable casi permanente.

ALTAZIMUT. — Un sólido pilar de mampostería P , coronado por una gruesa plancha metálica H , sostiene todo el instrumento cuyas partes esenciales pueden ser así descriptas: Un zócalo α , apoyado sobre el pilar por tres pernos t , soporta un armazón de hierro en forma de horquilla cuyas dos ramas ss , simétricas respecto del eje imaginario ee , rematan en dos muñoneras ó *camas* de bronce VV , donde se alojan, cuando el instrumento se halla en posición normal, los muñones del eje de rotación TT del antejo L , que teniendo un metro próximamente

de longitud, lleva en una extremidad la lente objetivo de diez centímetros de diámetro y en la otra un ocular acodillado o , que permite observar hasta las inmediaciones del cenit. El eje de rotación, que puede horizontarse perfectamente por medio del nivel de caballete NN que forma parte del instrumento mismo, haciendo descansar ambos brazos sobre los respectivos muñones, sostiene también un círculo graduado H , llamado *círculo de alturas* leído por medio de cuatro microscopios f . Un soporte doble RR , puesto en acción por una manivela k , permite soliviar el anteojo solidario con su círculo y su eje de rotación, desalojando los muñones de sus *camas* respectivas, y emplazar de nuevo el anteojo después de haberle hecho girar de 180° alrededor del eje ee , invirtiendo así la colocación de los muñones del eje de rotación. Independientemente de esta última maniobra, puede soliviarse tan sólo el nivel N con sus brazos NN , merced á una pequeña palanca; y haciéndole girar alrededor del mismo eje imaginario ee , invertir las extremidades de la burbuja y volver luego, accionando sobre la palanca, á hacer descansar los brazos del nivel sobre los muñones del eje de rotación TT . La horquilla ss con el anteojo y nivel, pueden girar alrededor del eje común ee , registrándose estas revoluciones sobre un círculo graduado horizontal m , denominado *círculo axi-*



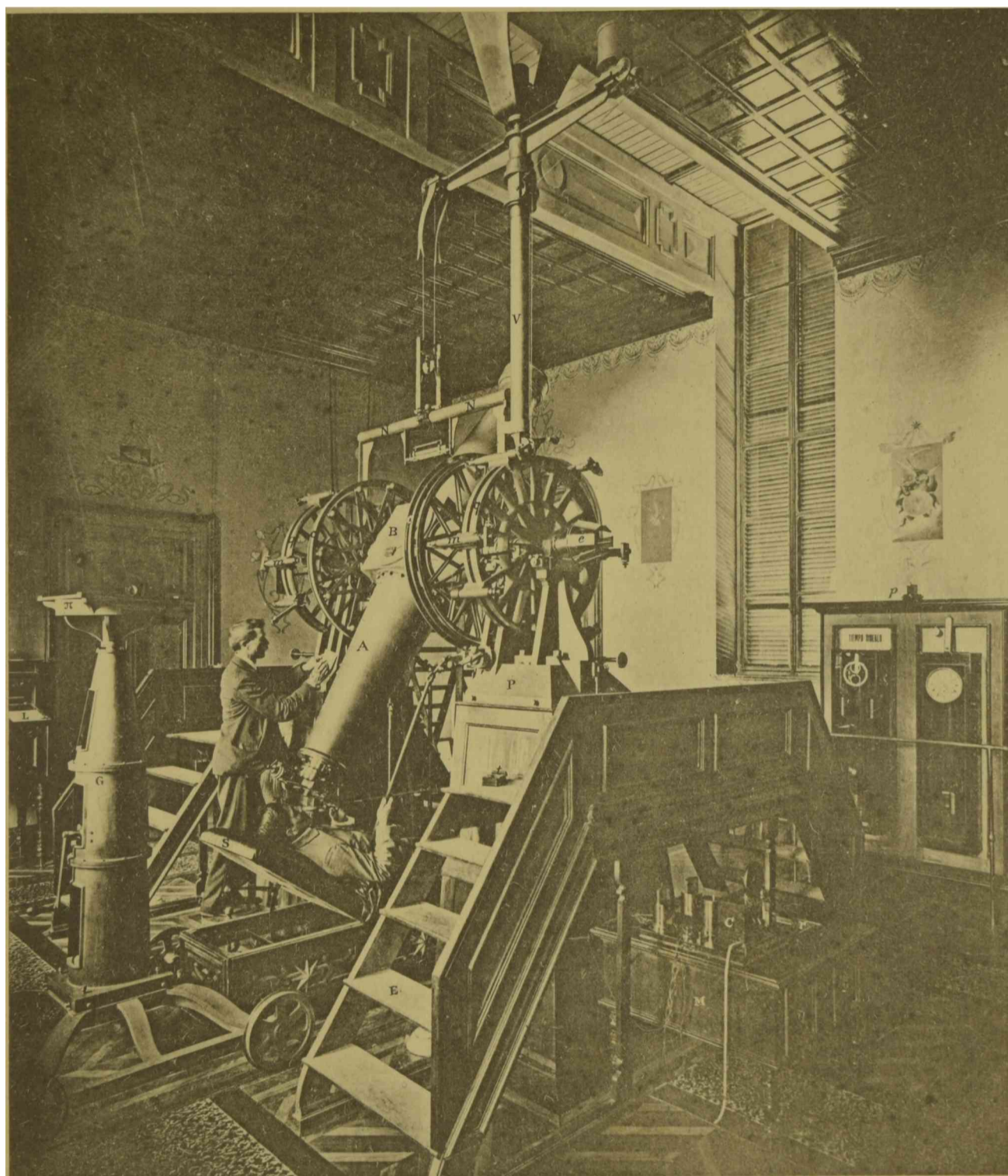
Altazimut (Observatorio La Plata)

mutal, cuyas lecturas se efectúan por medio de cuatro microscopios *r*. Con este instrumento puede medirse ángulos verticales y horizontales.

GRAN CÍRCULO MERIDIANO. — *Su instalación.* — El gran círculo meridiano, consta en sus partes más esenciales, de un anteojo *A*, de tres metros próximamente de longitud, á una de cuyas extremidades va el objetivo, y en la opuesta el ocular *o*, con sus tornillos micrométricos de extrema precisión, que mueven un marco interior donde hállanse colocados varios hilos de araña de un espesor casi inapreciable á simple vista, pero que divisados por el lente ocular se aprecian del grueso de un hilo de seda. Un eje horizontal que se apoya sobre dos pilares de mampostería *P*, aislados del pavimento y que puede nivelarse por medio de un nivel de precisión *N*, manejado con extrema facilidad, es el *eje de rotación* del anteojo, el cual puede describir así un plano que es el meridiano del lugar. Dos círculos divididos en grados y subdivididos éstos en espacios de cinco minutos, se hallan verticalmente adaptados á ambos lados del eje horizontal y perpendicularmente á esos círculos, sobre montantes fijos de fundición *qq*, se hallan seis microscopios *m* respectivamente, que sirven para apreciar, sin error de paralaje, hasta el segundo de arco directamente, por medio de tam-

bores graduados y movibles b . A ambas extremidades del eje horizontal de rotación, existen respectivamente, seis espejos e , dispuestos de tal modo á iluminar por reflexión los campos de cada microscopio; y en el interior de la parte central del anteojo, en el cubo B , dos coronas conteniendo cada una, una serie bien combinada de pequeños espejos que reciben á su vez la luz artificial enviada por dos proyectores laterales y la reflejan, respectivamente, hacia el objetivo y hacia el ocular, iluminando así á voluntad, ya sea la lente, la retícula ó ambas partes á la vez. Un aparato inversor G , puede ser transportado sobre rieles debajo del anteojo, y luego de adaptado el cubo B de éste sobre el platillo μ de aquél, actuando sobre la manivela ω , puede levantarse todo el instrumento incluso los círculos graduados, é invertirle haciendo que el muñón que se halla al *este* pase al *oeste* y recíprocamente.

Instalación. — Hecha la descripción somera del círculo meridiano, vamos á enumerar los principales accesorios indispensables para usar prácticamente dicho instrumento. Dentro de la misma sala construyóse el pilar P aislado del suelo y dispuesto convenientemente para evitar la humedad, el cual sostiene los péndulos astronómicos de tal modo que éstos se hallan al abrigo de las probables trepidaciones del suelo. Colocóse las



Sala meridiana del Observatorio La Plata

escaleras *EE* para que el ayudante pueda efectuar cómoda y rápidamente la lectura de los microscopios. La silla mecánica *s* especial para las observaciones, y en la cual el observador puede cambiar de posición desde la verticalidad del cuerpo, hasta acostarse completamente en el caso de observarse estrellas que pasan al meridiano cerca del *zenit*. El *pilar-mira*, situado en el exterior, á una distancia próximamente de setenta metros del centro de la sala, y que contiene una mira especial para las correcciones del instrumento. Una mesa *M*, construída expresamente, contiene en una de sus dependencias un cronómetro eléctrico visible al través del cristal *r* comunicado con el cronógrafo *C* destinado á registrar las observaciones, y manejado por el observador desde el manipulador *t* que se halla al alcance de las manos en el momento de la observación. A pesar de tener la ámplia sala una superficie de sesenta metros, el autor de este opúsculo ha conseguido iluminar la parte interior y exterior del gran círculo, las péndulas, el cronómetro y cronógrafo, y en caso necesario también las graduaciones del nivel, con la sola luz de dos lámparas eléctricas *Nernst*, situadas respectivamente en dos salas laterales independientes de la sala meridiana, y que envían la luz por medio de dos lentes *plano-convexas* de tal modo que, en el momento de las obser-

vaciones, en que todas las aberturas de la gran sala (ventanas y techo corredizo) se hallan de par en par dejando circular libremente el aire, todo se hallará iluminado, sin existir, no obstante, ningún foco calorífico dentro del recinto, evitando así que las piezas del gran círculo puedan dilatarse desigualmente introduciendo errores accidentales en el resultado de las observaciones — pues es sabido que los astrónomos se esfuerzan en lograr que la temperatura interior en el momento de operar sea lo más uniforme posible y sensiblemente igual á la que reina exteriormente. Para el caso del manejo de los registros de observación, se ha imaginado un sencillo escritorio con plataforma de cristal, el cual está iluminado por dentro con una lamparilla eléctrica á incandescencia, y una bien dispuesta ventilación interior impide que pueda calentarse.

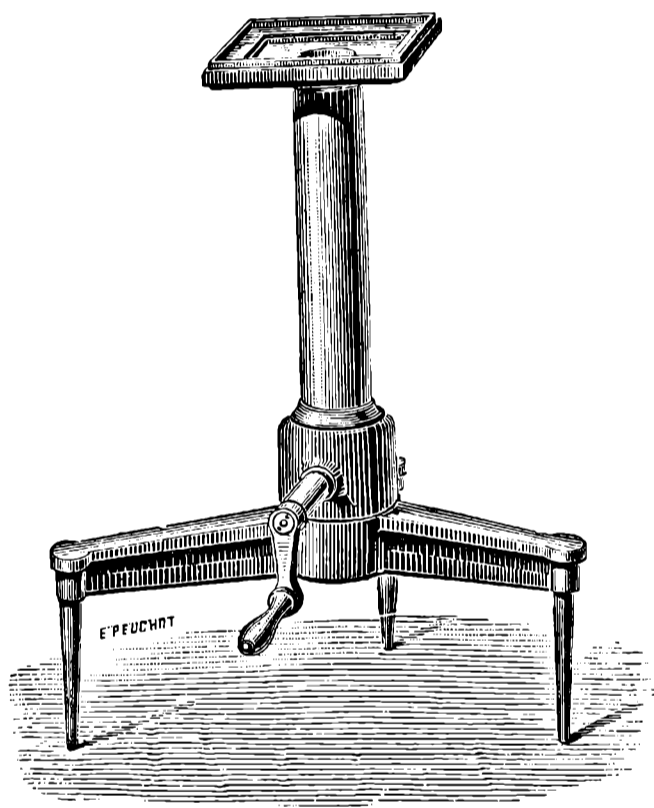
Una cubeta llena de mercurio situada debajo del pavimento de la sala en la vertical que pasa por el medio del eje horizontal del círculo meridiano, y que constituye un espejo perfecto, permite observar el *nadir*, esto es, la parte opuesta al *zenit*.

Las péndulas, una á *tiempo sidéreo* y la otra á *tiempo medio*, se hallan comunicadas eléctricamente con un aparato relevador que bate los segundos marcados por las primeras.

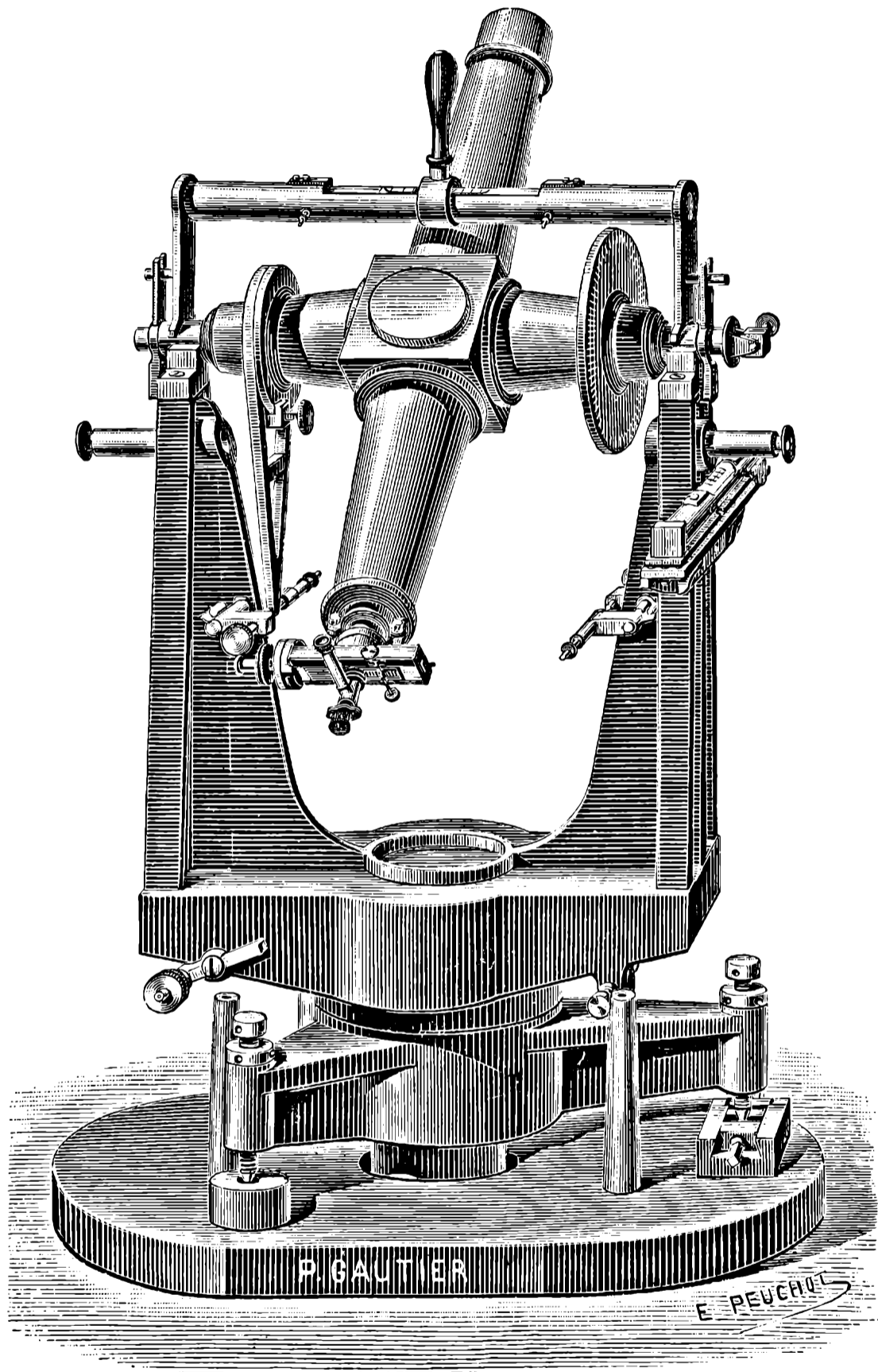
Los círculos meridianos pueden considerarse como la reunión hábilmente ejecutada de dos instrumentos astronómicos: el *círculo mural*, cuyo plano es sabido que se halla situado en el meridiano del lugar y que servía antiguamente para determinar prácticamente las declinaciones de los astros, y el *anteojo meridiano* cuyo eje óptico describe el plano meridiano al girar alrededor del eje horizontal, apoyado en sus extremidades sobre dos soportes verticales, y que provisto de retícula, se puede, con el auxilio de una péndula ó cronómetro, determinar las ascensiones rectas. Parece que en un principio, la reunión de ambos instrumentos en uno solo tuvo por principal objeto permitir á un solo observador de determinar á la vez la *ascensión recta* y la *declinación* de cada astro en el instante de su paso por el meridiano; y fué así que en los primeros tiempos, esta reforma no fué acogida con mucho entusiasmo por todos los profesionales, los cuales pensaban con fundamento, dado el estado aún no muy floreciente de las construcciones mecánicas, que el nuevo instrumento, por su peso de bastante consideración, la mayor flexión del tubo del anteojo y de su eje de giro, y en una palabra por su menor estabilidad, debía hallarse en condiciones mecánicas inferiores á los otros instrumentos nombrados, y si á esto se agrega la mayor tensión nerviosa del observador

preocupado en el *círculo meridiano* en fijar su atención en dos operaciones completamente diferentes cuales son: el manejo del tornillo de tangencia que mueve lentamente el anteojo, y que permite colocar los astros cerca del hilo horizontal que determina el medio del campo del retículo y la apreciación de los instantes en que el astro cruza por los hilos verticales del retículo, se justificará las primeras dudas. Sin embargo, dado el perfeccionamiento á que ha llegado la mecánica en general y particularmente en los instrumentos de precisión así como el moderno empleo del cronógrafo que facilita enormemente la operación material de la observación, puede asegurarse que el *círculo meridiano* constituye hoy el principal instrumento de astronomía matemática de un observatorio.

ANTEOJO MERIDIANO - ZENITAL. — Este instrumento, llamado también *anteojo de pasajes*, de pequeñas dimensiones y por tal razón de fácil manejo y portátil por excelencia, está constituido, como puede verse en la lámina correspondiente, de un pequeño anteojo que por su eje de giro transversal descansa sobre dos muñoneras de bronce que rematan respectivamente las dos ramas de un soporte de fundición en forma de horquilla, situado en un pilar de mampostería aislado del suelo. El eje óptico del anteojo des-



Aparato de inversión



Anteojos meridiano-cenital

cribe el plano meridiano al girar alrededor del eje horizontal, y éste, en uno de sus extremos lleva fijo un pequeño círculo graduado cuyo plano es paralelo al eje óptico del anteojo — subdivididas las graduaciones de dicho círculo en espacios de cinco minutos cada uno, sirve tan solo para *calar* el anteojo, pasando los rasgos de división sucesivamente por frente á un índice fijo. Este instrumento se emplea principalmente para observar con el auxilio de un contador del tiempo, los instantes del pasaje de los astros respectivamente por cada hilo del retículo, cuyo promedio debe dar el instante preciso del paso de cada astro por el meridiano del lugar, y además de la determinación de la latitud del punto de observación, puede también determinarse con este instrumento la hora exacta y compararla con el tiempo señalado por la péndula ó el cronómetro para determinar así su corrección, ó recíprocamente: conociendo con toda exactitud la corrección del cronómetro, determinar las ascensiones rectas de los astros observados, previa la corrección instrumental susceptible de hallarse por métodos astronómicos especiales que la poca extensión y el carácter mismo de esta obrita no permite tratarlos.

Otros telescopios astronómicos

Aunque los instrumentos que en seguida vamos á describir sucintamente no pertenecen al bagaje del Observatorio de La Plata cual lo expresa el encabezamiento del presente capítulo, creemos, no obstante, que por su importancia como instrumentos modernos, debe decirse de ellos algunas palabras.

ECUATORIAL ACODILLADO. — Las disposiciones adoptadas en este ecuatorial, cuyo tipo ya se ha generalizado en los observatorios de Europa y América, están basadas sobre principios sentados por su inventor el señor Mauricio Loewy, actual director del Observatorio Astronómico de París. En efecto, además de remediar los inconvenientes por demás conocidos de los ecuatoriales ordinarios é introducir un grado mayor de exactitud en las medidas angulares que se efectúa con estos instrumentos, se aumenta su estabilidad, disminuyendo por otra parte el trabajo material, y por consiguiente la tensión nerviosa del observador.

Mr. Loewy se expresa así al referirse al ecuatorial acodillado de su invención ⁽¹⁾:

⁽¹⁾ Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

«1° Uno de los dos ejes del ecuatorial ordinario se halla instalado paralelamente á la línea de los polos; el otro, el eje de declinación que es perpendicular al primero, soporta de un lado todo el cuerpo del anteojo. Se deduce una falta de estabilidad perjudicial á los trabajos de observación, siendo poco menos que imposible efectuar medidas de distancias angulares un poco considerables, es decir, que pasen de una veintena de minutos de arco en declinación y algunos minutos de tiempo en ascensión recta.

«2° Los dos cristales que componen el objetivo (el flint y el crown) no pueden ser ajustados convenientemente el uno contra el otro ó contra el *tambor*: el menor contacto provocaría en efecto, una deformación en las imágenes.

«Prodúcese entonces, cuando el anteojo pasa de una posición á otra, efectos debidos á flexión y además una descentralización del objetivo á causa del deslizamiento de los dos cristales entre sí, que alteran la nitidez de las imágenes. Las cualidades ópticas del instrumento son entonces diferentes según sus posiciones.

«Estas deformaciones no aparecen solamente en los ecuatoriales sino que algunas veces son sensibles también en los instrumentos menos grandes y que sólo se mueven en un plano; así fué como MM. Gould y Prazmowsky han constatado en sus respectivos anteojos meridianos,

ciertas alteraciones en las imágenes, que obedecían á esa causa.

«El objeto que me he propuesto en la nueva construcción ha sido el de salvar semejantes dificultades.

«He tratado: 1º De hallar un instrumento más estable que los ecuatoriales en uso y que permitan efectuar la medida de grandes distancias angulares.

«2º Establecer una disposición que permita al astrónomo explorar el cielo en su totalidad y gobernar por sí mismo sin temor de ningún impedimento, los movimientos del aparato que maneja.

«3º Evitar el empleo de esas cúpulas monumentales cuyo emplazamiento y costo son siempre tan valiosos y difíciles.»

Para hacer más clara la descripción de este instrumento, imaginémosnos un anteojo astronómico movable en el plano del ecuador, coloquemos delante del objetivo un espejo plano inclinado de 45º sobre el eje de dicho anteojo, y movable también alrededor de este eje; el espejo enviará en dirección del eje del anteojo los rayos luminosos provenientes, según la posición del espejo, de los diversos puntos del cielo situados sobre un círculo máximo perpendicular al eje del anteojo, esto es, desde los puntos de

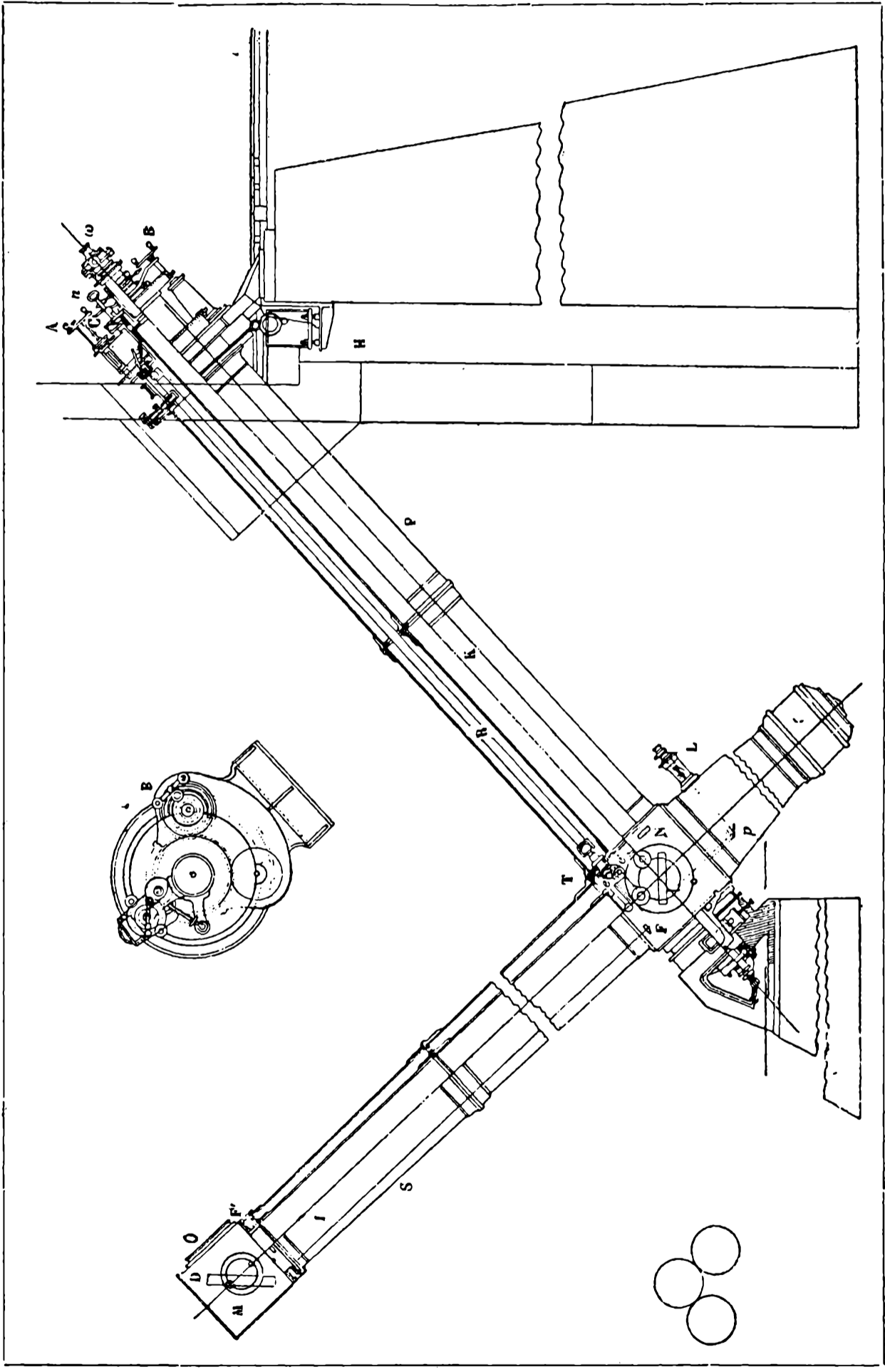
un círculo horario perpendicular al que determina el eje del anteojo. Si, por otra parte, se coloca en el punto de este eje alrededor del cual gira el anteojo un espejo invariablemente ligado á éste é inclinado de 45° sobre su eje y sobre el ecuador, este espejo enviará á su vez los rayos luminosos en dirección al eje del mundo. El plano focal será trasladado perpendicularmente á este eje, y podrá examinarse la imágen por medio de un ocular cuya posición será invariable.

Sobre los principios citados se basa la construcción de todos los ecuatoriales de ese sistema que funcionan hoy en los principales observatorios. Para evitar que el plateado del primer espejo citado pudiera sufrir estando expuesto á la intemperie, se ha colocado el objetivo en O (figura 6) sobre el lado del cubo M , y el espejo D en el interior de este cubo.

El cubo M , al cual están fijados el objetivo O y el espejo D , se halla situado en la extremidad del tubo I que rueda por medio de rodillos F, F' en el tubo exterior S . El ocular ω está adaptado al tubo K interior, que rueda en el tubo exterior P sobre rodillos N colocados en la parte interior y hállase ajustado en la parte superior sobre un anillo fijado á este mismo tubo P . Los dos tubos interiores I y K terminan en su parte inferior por coronas de bronce dentadas que engra-

nan respectivamente con dos tornillos de tangencia e e' ligados á su vez entre sí por un engranaje. El tornillo de tangencia e' es puesto en movimiento por intermedio de un largo tubo R mediante una manivela A ; de modo que el movimiento de la manivela obliga á girar á la vez los dos tubos interiores I y K , y de consiguiente, el ocular y el cubo M que contiene el objetivo y el espejo D . El cubo central T liga invariablemente los dos tubos exteriores y contiene además el espejo plano E inclinado de 45° sobre los ejes de estos dos tubos. Se hace girar el instrumento entero alrededor del eje horario por medio de la manija B .

Hallándose el eje del tubo exterior S colocado por medio de la manija B , en un plano horario π , el eje óptico del objetivo O se hallará en un plano horario π' perpendicular al plano π , y, por la rotación del cubo M , describirá en ese plano π' los mismos ángulos que habrá girado el cubo M . De esto último se infiere que el círculo dividido C por el cual termina el tubo movable K , por su parte superior, constituye el *círculo de declinación*, mientras que el tubo fijo P termina por el *círculo horario*. En H se halla el aparato motor de relojería, y la iluminación del campo es producida por una lámpara eléctrica L , cuya luz llega al ocular después de haber sido reflejada por pequeños espejos r y t y haber atrave-

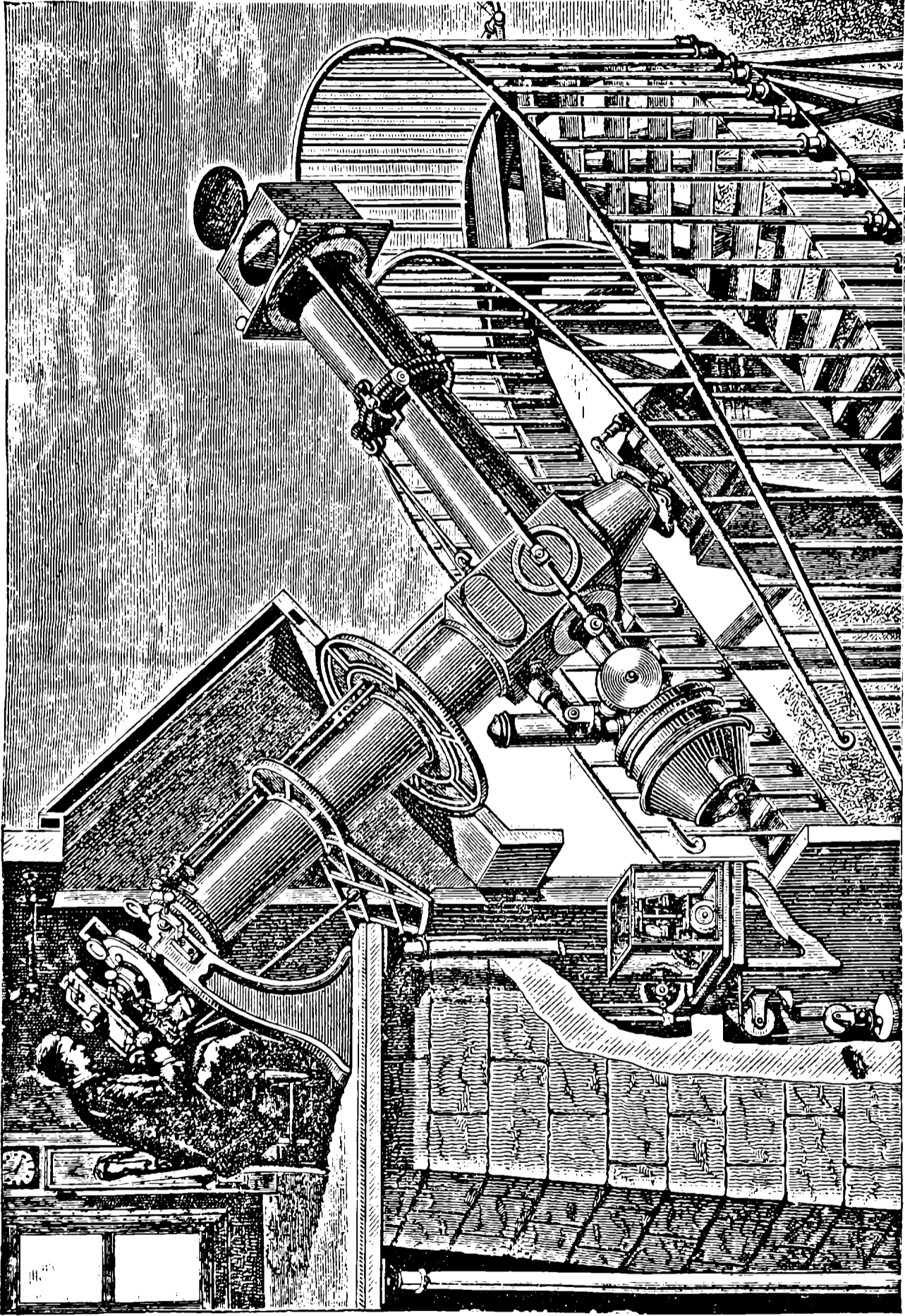


Croquis descriptivo del ecuatorial acodillado de Mr. Loewy

sado el centro del espejo *E*, en cuyo centro se ha quitado el plateado sobre un diámetro próximamente de dos centímetros.

El instrumento que acabamos de describir, además de las enormes ventajas materiales y pecuniarias ya citadas, posee también la no despreciable de no exigir el uso de las grandes escaleras giratorias que suelen resultar bastante engorrosas para el observador, pues por la disposición misma del instrumento y construcciones accesorias, el astrónomo vése á menudo obligado á subir y bajar la citada escalera á la vez que cambiarla de lugar, efectuando así, por espacio de tres, cuatro ó más horas un trabajo físico que le resulta altamente perjudicial en definitiva, máxime si se tiene en cuenta las posiciones forzadas, y de consiguiente irritantes, que las más de las veces tiene que asumir, precisamente en los instantes en que con más razón requeriría su labor una perfecta comodidad.

Con el ecuatorial acodillado de Loewy, el observador, al abrigo de la intemperie, en una posición cómoda y constantemente fija, con todos los elementos para producir los variados movimientos del aparato al alcance de su mano, puede contemplar todo el firmamento, y medir con asombrosa exactitud las distancias angulares de los astros.



Ecuatorial acodillado del Observatorio de París

CAPÍTULO VII

Análisis espectral

CONSIDERACIONES GENERALES. — Si bien es verdad que el ser humano, ejercitando las hermosas concepciones que le brindan las facultades innatas de su intelecto, investiga constantemente descubriendo día por día nuevas propiedades de la materia que combina con admirable orden y aprovecha con singular maestría, adaptándolas incesantemente á las variadas manifestaciones de su trabajosa existencia, en el sentido de aumentar siempre más el bienestar físico que satisface las necesidades de su cuerpo y la felicidad moral que levanta su espíritu, confortando, ennobleciendo su alma y purificando sus ideales — es también un hecho admitido por la lógica que esas facultades intelectuales no le permiten impulsar el análisis hasta descubrir la causa primera que determina la producción de los fenómenos naturales exteriorizados en sus múltiples aspectos, viéndose así imposibilitado para rasgar de un solo golpe el denso velo que le oculta todo.

un misterio.... ¿Será acaso ese misterio precisamente el límite hacia el cual converge el ideal de la criatura humana que indefinidamente hacia él aproximase sin llegar jamás á penetrar? El hecho es que el hombre, no obstante conocer en sus diversas formas las manifestaciones de la energía física tales como la gravedad, la luz, el calor, la electricidad, etc., etc., vése obligado sin embargo, para explicar esos mismos fenómenos y deducir las leyes á que hállase sujeta su producción, á sentar hipótesis cuyo grado de probabilidad, la realización misma de los fenómenos se encarga luego de confirmar ó rechazar en absoluto. Producido este último caso, nuevas teorías surgen, hasta que el resultado de sus razonamientos llega á estar de acuerdo con los hechos experimentales.

Copérnico sienta su notable teoría racional sobre los movimientos de los cuerpos celestes, que más tarde Kepler aprovecha para enunciar sus famosas leyes sobre las áreas descritas por los rayos vectores de las órbitas planetarias, la que fija la relación de los cuadrados de sus revoluciones y la que determina la forma de esas órbitas. Galileo, contemporáneo de Kepler, emite las leyes de la gravedad; Descartes funda sus teorías sobre el origen del universo; Huyghens las modifica; Borelli enuncia una nueva teoría que Hooke se encarga de perfeccionar; Newton for-

mula las leyes de la gravitación universal y Laplace, con su *Mecánica celeste* y su *Exposición del sistema del mundo* consolida una notable teoría que Leverrier en Francia y Adams en Inglaterra confirman contemporáneamente del modo más brillante, descubriendo ambos en la severa tranquilidad de sus respectivos gabinetes y con el solo auxilio del cálculo, la posición del planeta Neptuno, cuya identificación no tardó en proclamar el ilustre Galle de Berlín, sorprendiéndole con las poderosas lentes del observatorio en su vertiginosa carrera por el espacio infinito, en el punto mismo predicho por el cálculo y partiendo de consideraciones puramente teóricas.

Conocida es la hipótesis de Franklin admitiendo un solo fluido para explicar los fenómenos de la electricidad estática; hipótesis que fué substituida más tarde por la más completa de Symmer, por medio de la cual, al explicar ciertos fenómenos que la primera hipótesis no conseguía, generalizaba así la teoría de los fenómenos eléctricos. En los tiempos actuales la teoría de Symmer ya no satisface con suficiente amplitud; pues no es posible por su intermedio dar la generalidad requerida á la explicación de ciertos fenómenos ha poco descubiertos—queda sin embargo subsistente para cuando se trata de estudiar las causas de los principales fenómenos elementales de esa rama importante de la física,

substituyéndosele en los estudios superiores por la teoría moderna de la unidad de los agentes físicos y la teoría mecánica de los fenómenos naturales.

La teoría de la *emisión* imaginada por el gran Newton para explicar los fenómenos de la luz y por la cual suponía á los mismos cuerpos luminosos lanzando á través del espacio en forma de haces de rayos una cantidad de materia dividida en partículas sumamente diminutas, las cuales, al chocar con la retina del ojo, producía en los animales la sensación de la luz, tuvo numerosos autorizados adversarios entre los cuales el mismo Descartes, fundador de la otra teoría llamada de las *ondulaciones*, y según la cual, la luz sería la consecuencia de un movimiento vibratorio de los átomos de los cuerpos luminosos que se propagaría á través del espacio en forma de ondas, empleando como vehículo una substancia imponderable sumamente sutil y de una elasticidad perfecta llamada eter, la cual llenaría todo el espacio, comprendido el inter-atómico de los cuerpos materiales. Pero si la hipótesis newtoniana vaciló al nacer derrumbándose más tarde por sí misma al no poder dilucidar satisfactoriamente algunos fenómenos tales como los de la interferencia, la cartesiana tambaleó á su vez ante la imposibilidad de explicar los fenómenos de polarización que Malus había descu-

bierto; y hubiera sufrido la misma suerte que la teoría de la *emisión*, si el genio de Fresnel no hubiese acudido oportunamente en su ayuda considerando las ondas transversales como medio de propagación de la energía luminosa, teoría notable que permite la unificación de las causas que originan todos los fenómenos físico-naturales.

Consideremos, para mejor comprender el principio sobre que se basa la teoría inventada por Fresnel, el conocido y esencialmente gráfico ejemplo de la superficie libre del agua en reposo, sobre la cual lanzamos una piedra—producirás al instante una depresión en el punto donde la piedra choca con la superficie líquida, cuyo centro no tardará en subir recorriendo la vertical, hasta formar la cima de una prominencia. Cada movimiento que dicho centro efectúe sobre la vertical, dará lugar á una serie de ondas circulares que se propagarán en el líquido, disminuyendo en altura al alejarse del centro para ganar en anchura. Las ondas elevadas llámanse *ondas condensadas* mientras que las deprimidas toman el nombre de *ondas dilatadas* y á la reunión de ambas se le conoce por *onda completa*. Si tenemos la precaución de colocar sobre el agua así en movimiento un pequeño cuerpo flotante, se constata en seguida que éste sigue las oscilaciones del agua, elevándose y ba-

jando alternativamente sin alejarse no obstante del centro del movimiento — lo cual prueba que en el movimiento ondulatorio producido por el choque de la piedra contra el agua ninguna de las ondas que se origina se aleja del centro; lo único que se propaga es el movimiento de ondulación sobre la superficie líquida — queda probado además que: «las partículas líquidas se mueven perpendicularmente al nivel del agua y á la dirección de propagación de las ondas»; esas vibraciones así orientadas llámense *vibraciones transversales*. La altura de la cúspide de cada onda es la *amplitud* de la onda; mientras que la distancia entre dos cúspides sucesivas medida en el sentido de la propagación del movimiento, representa la *longitud* de la onda.

En un movimiento ondulatorio producido por una causa especial, las longitudes de las ondas son iguales siendo éstas más cortas á medida que mayor sea el número de vibraciones en la unidad de tiempo; ó lo que es lo mismo, mientras más rápido sea el movimiento vibratorio — en tanto que las *amplitudes* sucesivas disminuyen progresivamente á medida que el movimiento ondulatorio se aleja del centro.

Si imaginamos aplicada esa misma clase de movimiento á la masa etérea que llena el espacio cósmico y consideramos las ondas engendradas por el movimiento vibratorio de los cuerpos

luminosos, es precisamente de la longitud de la onda de donde depende el modo de exteriorización de los fenómenos que se origina. Siempre que la longitud de onda no exceda de ciertos límites (423 á 620 millonésimas de milímetro) se tiene las ondas luminosas ó visibles que la retina aprecia en toda la escala de los colores, según la longitud de onda comprendida entre las magnitudes señaladas ó lo que es lo mismo, según el número de vibraciones en la unidad de tiempo. Si la longitud de onda es aún más pequeña, se obtiene las radiaciones oscuras para las cuales nuestro órgano visivo permanece insensible, pero susceptibles de ser reveladas por la placa fotográfica — si la longitud de onda es más larga que en las radiaciones visibles ó luminosas se tiene las radiaciones caloríficas ó infra-rojas que no alcanza á apreciar nuestra retina ni la placa fotográfica, pero que pueden ser anotadas por el termómetro; y por último las radiaciones hertzianas se producen cuando la longitud de onda llega á poseer algunos centímetros y hasta metros.

Tenemos pues que, recorriendo todas las especies de ondas, desde las de menor hasta las de mayor longitud, encontramos sucesivamente los rayos invisibles químicos; los rayos visibles, desde el violeta hasta el rojo; los rayos invisibles caloríficos y los rayos hertzianos debidos á

corrientes alternas. Y si consideramos los rayos luminosos como provenientes de las mismas causas que dan lugar á los rayos hertzianos, esto es á corrientes alternas, tendremos formulada en resumen la teoría *electro magnética* de la luz que el ilustre Maxwell enunció, y que conduce á los mismos resultados analíticos que la teoría de las ondulaciones consolidada por Fresnel.

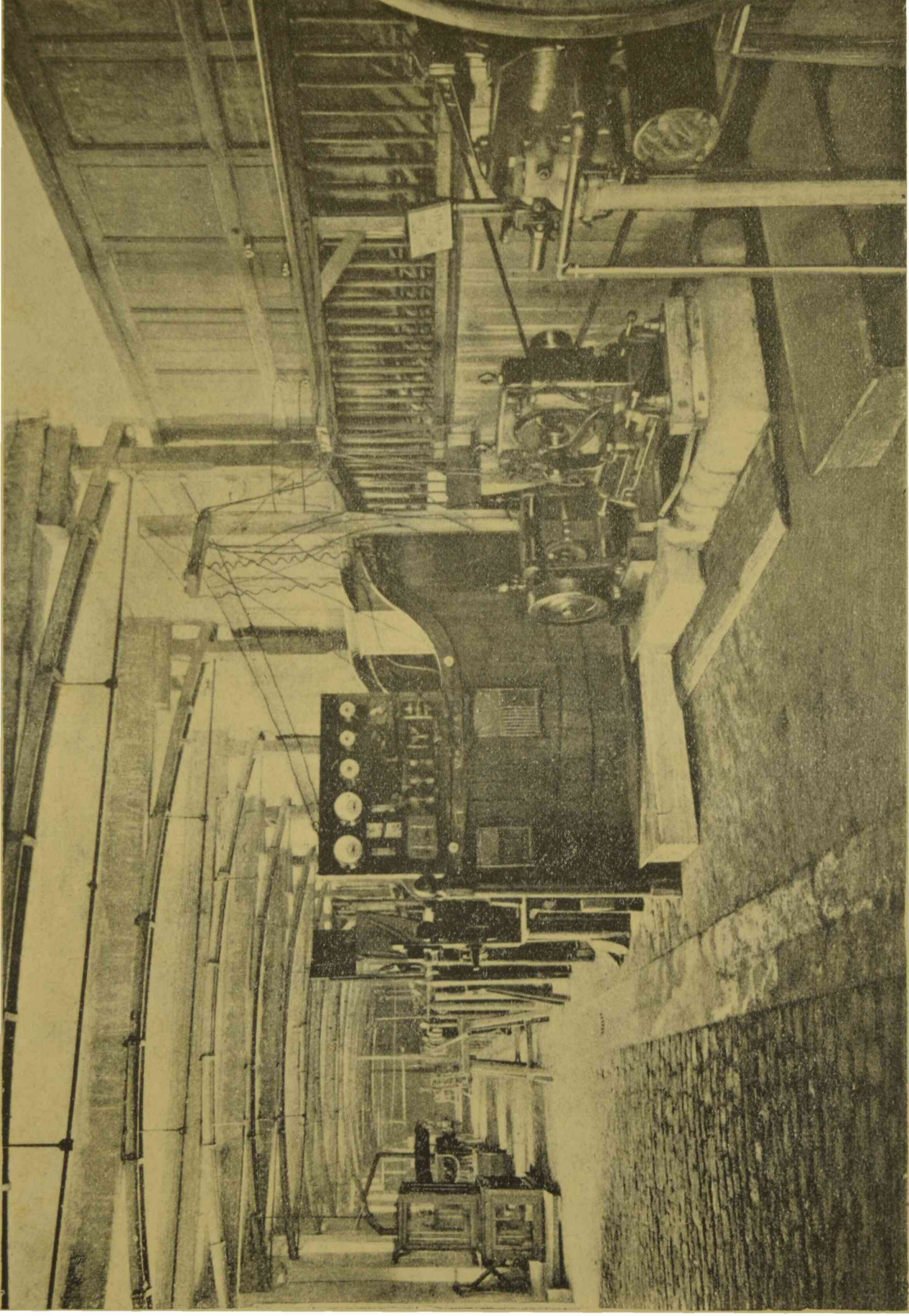
¿Constituirán estas hipótesis la última palabra de la ciencia, ó cabe esperar nuevos cambios y modificaciones en lo sucesivo? Es indudable que la estabilidad de las teorías depende de su generalidad para explicar todos los fenómenos conocidos y los nuevos que el genio del hombre descubre en sus incesantes investigaciones científicas; de modo que puede asegurarse que las teorías contemporáneas enunciadas durarán indefinidamente, siempre que con su razonamiento pueda explicarse con felicidad el modo de producción de los hechos naturales que podrán descubrirse en adelante,

Por otra parte, como ya lo hemos significado, las teorías enunciadas no tienen por objeto revelarnos la naturaleza íntima de las cosas sino tan solo coordinar las leyes físicas que presiden los fenómenos naturales; bien poco ó nada importará entonces á la humanidad que la base de esos razonamientos teóricos sufra con el tiempo

alteraciones y cambios más ó menos fundamentales, siempre que expliquen satisfactoriamente la producción de los fenómenos descubiertos.

DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ. — Reunidas todas las especies de ondas luminosas nos hacen la impresión de la luz blanca; pero si por un medio cualquiera descomponemos esa luz blanca en sus rayos simples, obtendremos la sensación de los colores que son respecto de la luz blanca lo que los tonos musicales para el sonido. Es sabido que la luz se propaga en un mismo medio en línea recta; si el medio cambia de densidad, los rayos luminosos en vez de seguir en línea recta se quiebran, cambiando por tanto de dirección — se dice entonces que esos rayos se refractan. Ahora bien; los rayos simples que componen la luz blanca se refractan desigualmente al pasar de un medio á otro; de modo que un haz de luz blanca, al atravesar una superficie que separa dos medios de desigual densidad se descompondrá evidentemente en sus colores simples. Newton fué quien descubrió el modo de separar los rayos simples que componen la luz blanca, haciendo pasar un haz de rayos á través de un prisma de cristal — el haz de esa manera descompuesto era recibido sobre una pantalla, donde se veía desarrollado en forma de cinta una serie de colores diversos dis-

puestos en el siguiente orden: *violeta, añil, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo* — es á esta serie de colores lo que se denomina *espectro luminoso*. Wollaston, en 1802, percibió en el *espectro* algunas rayas oscuras á que los físicos en general no dieron importancia alguna; hasta que en 1814 Fraunhofer, ignorando el descubrimiento de Wollaston, constató, observando por medio de un antejo á través de un prisma la imagen virtual de una ranura iluminada por rayos de la luz solar, más de 600 rayas distintas. Según la materia de que se halla compuesto el prisma, el espectro será más ó menos dilatado; es lo que se conoce por *poder dispersivo* de la substancia del prisma y que se expresa por la relación de los índices de refracción para el rojo y el violeta, extremos del *espectro*. De las 600 rayas descubiertas por Fraunhofer, determinó el mismo físico la posición de 320 de ellas, designando las principales por las letras *A, B, C, H*. Más tarde, con el aumento del poder dispersivo de los nuevos aparatos, creció considerablemente el número de rayas medidas, extendiéndose el espectro hacia las regiones anteriores al rojo ó *infra-rojas* apreciadas por comparaciones calorimétricas, hasta más allá de los rayos violeta cuya acción sólo es susceptible de medirse por medio de la substancia fotográfica.



Laboratorio de análisis espectral del Observatorio de Meudon

ANÁLISIS ESPECTRAL. — Aunque los primeros pasos hacia el análisis espectral propiamente dicho fueron ejecutados por John Herschel, por Talbot y por Wollaston, habiendo demostrado este último sabio que el espectro emitido por los vapores incandescentes de un metal era formado por rayas brillantes y que esas rayas, constantes para cada metal, diferían de un metal á otro — fué no obstante recién en 1859 con Kirchoff y Bunsen, cuando por medio del *espectroscopio* construído por el primero de estos sabios y cuya descripción se halla hoy en cualquier texto de física, tomó el análisis espectral, el carácter de una rama nueva de las ciencias físicas, basándose su estudio en los siguientes principios enunciados por ambos sabios:

«En el estado de incandescencia, los cuerpos sólidos ó líquidos emiten una luz cuyo espectro es continuo; los gases y los vapores emiten una luz cuyo espectro está formado por líneas brillantes separadas; las longitudes de onda⁽¹⁾ de esas líneas brillantes son características de las diversas substancias químicas.»

«Todos los gases no incandescentes absorben los rayos que ellos mismos emitirían al volverse incandescentes. Para toda vibración (definida por

(1) Ya se ha dicho, al tratarse de la luz, que cada rayo simple está caracterizado por una cierta longitud de onda; luego en este caso, longitud de onda equivale á *color*.

su longitud de onda) el poder emisivo de un cuerpo es igual al poder absorbente.»

Queda pues establecido por las leyes enunciadas; que un espectro formado de líneas brillantes proviene de gases ó vapores al estado de incandescencia — que un espectro continuo, haciendo abstracción por el momento de las rayas oscuras, proviene de partículas sólidas ó líquidas; de modo que tratándose del sol cuyos espectros son continuos, se deduce que, si no se halla en estado líquido, está formado de vapores que contienen partículas sólidas ó líquidas en suspensión. En cuanto á las rayas oscuras se deduce de esas mismas leyes, ser el resultado de la absorción de ciertos rayos solares por gases en estado de enfriamiento.

En el espectro solar, las rayas oscuras ocupan el mismo lugar que las rayas brillantes de ciertos vapores metálicos ó de algunos gases incandescentes, entre los que puede citarse el espectro de los vapores de hierro que comprende un crecido número de rayas: los del hidrógeno, del sodio, del calcio, etc. La verificación de este hecho probaría desde luego la existencia de una atmósfera relativamente oscura que rodea el núcleo incandescente del sol, y que absorbería los rayos cuyo índice corresponde á las rayas del espectro.

Sin embargo, el ilustre físico inglés Brewster,

notó en 1833 que mientras varios grupos de rayas oscuras son apenas perceptibles cuando el sol se halla en las inmediaciones del cenit, éstas aumentaban considerablemente de intensidad cuando llegaba el astro hacia las regiones del horizonte; pero, sea por la imperfección del aparato empleado ó por otras causas, el hecho es que no creyó conveniente el sabio nombrado confirmar sus anteriores observaciones, y en 1860 declaraba en una de sus memorias al respecto, que la causa de las rayas del espectro solar debía aún considerarse como desconocida. Más tarde, Mr. Janssen estudió detenidamente esa importante cuestión en el sentido de comprobar las sospechas del poder absorbente electivo ejercido por nuestra atmósfera sobre algunos rayos solares y el rol que desempeña en la formación de las rayas del espectro solar, y que por su origen terrestre el citado físico Brewster apellidó *rayas telúricas*—y en efecto, no tardó Mr. Janssen en confirmar tales sospechas demostrando, por medio de sus estudios especiales, que las rayas del espectro solar que aparecían más intensas cuando el astro se hallaba en el horizonte, respondían á la absorción ejercida por parte de nuestra atmósfera y especialmente por el vapor de agua que aquélla contiene. Constató además que las rayas debidas al vapor de agua disminuían de intensidad á medida que se eleva hacia

las regiones superiores de la atmósfera; y que las rayas del oxígeno que aparecen obscuras en el espectro solar, tienen su origen en la absorción de nuestra capa atmosférica.

Uno de los más bellos eclipses de sol que se recuerda, tuvo lugar el año 1868 y fué en su observación donde se pudo conocer formalmente la naturaleza de las *protuberancias* que más adelante explicaremos. Constatóse que al núcleo central rodeado de una envoltura luminosa llamada fotosfera y que ya en épocas anteriores había preocupado á Herschel y á Arago, debía agregarse una capa formada principalmente de hidrógeno incandescente de un espesor relativamente pequeño, pues no pasa de 8" á 12" — dicha capa incandescente es el sitio de pequeñas erupciones de vapores metálicos provenientes de la fotosfera y donde dominan el sodio, el magnesio y el calcio. Con frecuencia, y muy especialmente en las épocas del *máximum* de manchas, se observa en el globo solar grandes erupciones de hidrógeno que, atravesando esa ténue envoltura, se elevan hasta unas veinte ó treinta mil leguas de altura — son esas erupciones las que, como luego veremos al tratar de la fotografía, llámanse *protuberancias*. Desde ese día ya no hubo necesidad de esperar la producción por demás rara de los eclipses totales para estudiar la constitución del sol; pues Mr. Janssen que durante la observa-

ción del eclipse enunciado adquirió el convencimiento de que esas protuberancias podían ser estudiadas sin la intervención de semejante fenómeno celeste, halló en efecto poco tiempo después las protuberancias solares, colocando la ranura de su espectroscopio perpendicularmente á los bordes del disco del astro, de tal modo que conseguía eliminar la imagen directa del disco. En dicho experimento, pudo notarse que sobre el espectro más pálido que produce la luz difusa del cielo en las cercanías del disco solar, aparecían rayas brillantes que correspondían precisamente á las protuberancias.

Respecto del descubrimiento que ya hemos mencionado de las propiedades ópticas del vapor de agua, según Mr. Janssen «puede recibir aplicaciones más extensas y más grandiosas aún. Pueden servirnos para interrogar no ya tan solo las atmósferas planetarias sino la de los soles; y este análisis nos conduce entonces á darnos nociones más completas de las evoluciones de que son teatro dichos astros. Existe en efecto una clase de estrellas que encontramos principalmente entre las que poseen un color amarillo ó rojo, y cuyo espectro presenta las rayas oscuras del vapor de agua. Pues para que los gases generadores del agua hayan podido combinarse y dar origen á ese vapor, es preciso que la atmósfera del astro se haya singularmente en-

friado. A juzgar por nuestros análisis, el sol se halla aún muy lejos de este estado crítico; pero, como acabamos de decir, el cielo nos presenta casos varios de soles en estado decadente; nueva demostración de que el universo no ha sido formado en el mismo instante en todas sus partes, sino que por el contrario, contiene astros de todas las edades y en todos los grados de las fases que sucesivamente deberán presentar. Así, el observador que explora el cielo, aseméjase al viajero que recorre una selva virgen y cuyos pasos tropiezan, ora con el retoño que crece, ora con el árbol adulto, y por fin, con los negros vestigios de la añosa encina, último rastro de su remota existencia».

CAPÍTULO VIII

EMPLEO DEL ANÁLISIS ESPECTRAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LOS ASTROS. — Habíamos dicho anteriormente que con la ayuda de los telescopios efectuóse el estudio completo de nuestro sistema planetario — pudo, en efecto, determinarse las traslaciones angulares de los astros componentes de nuestro sistema planetario en la bóveda celeste, datos que unidos á la determinación precisa de las fechas y combinados con las leyes de la gravitación universal, han permitido conocer los movimientos reales de los astros en el espacio, definir las trayectorias de los planetas alrededor del sol, sus distancias, sus velocidades y sus masas; seguir la marcha de los cometas á través del sistema solar y por último la traslación del mismo sistema en el espacio — y que para el estudio de los astros que, como las estrellas, pertenecen á otros sistemas de mundos, había que acudir á métodos especiales, más ó menos ingeniosos y directos, tales como el análisis espectral y la fotografía. Y en efecto, sabemos que los telescopios, aún

los más perfeccionados mecánicamente, tales como los círculos meridianos, etc., sólo permiten hallar, por medio de medidas micrométricas efectuadas á grandes intervalos de tiempo una de otra y comparados los resultados entre sí, las traslaciones que corresponden tan solo á la componente transversal de la velocidad, y dependientes por tanto, de la distancia á que el astro se encuentra del observador — faltaba, pues, obtener la velocidad de esos mismos astros en el sentido del rayo visual para obtener de ambas combinadas, la velocidad absoluta y la variación de sus distancias respectivas á la tierra. El análisis espectral ha venido paulatinamente resolviendo una serie de problemas difíciles de los cuales dependía el éxito de las constantes investigaciones tendientes á conseguir tales fines. Como todas las ramas de los conocimientos humanos, el análisis espectral ha pasado por alternativas de éxitos y fracasos que contribuyeron á retardar su desenvolvimiento, pero al fin puede decirse que guiado ese nuevo estudio por hombres de genio como Doppler, Fizeau, Huggins, Maxwell, Janssen, Vogel, etc., ha coronado plenamente los esfuerzos efectuados durante más de medio siglo, dando así á la astronomía un nuevo auxiliar poderoso para continuar con éxito creciente sus arriesgadas investigaciones en el campo sin confines del espacio celeste.

En 1842, el físico austriaco Christian Doppler, en una memoria publicada por la Sociedad Real de Ciencias de Bohemia, dió la primera idea de la influencia del movimiento relativo de una fuente sonora ó luminosa sobre el sonido ó la luz, percibida por un observador. Puede exponerse en resumen así: supongamos un origen fijo de ondulaciones cuyas pulsaciones se propagan con una cierta velocidad; un observador igualmente fijo, recibirá un número de pulsaciones igual al que en el mismo tiempo emite el centro de emanación considerado — este número caracterizará la *elevación* del sonido si el centro vibrante es sonoro; el color de la luz, si dicho centro es luminoso. Consideremos ahora el observador en movimiento, alejándose, por ejemplo, del centro, es decir, marchando en el mismo sentido que la propagación de las ondas; es fácil concebir, que en general recibirá un número menor de pulsaciones que los que emite el centro vibratorio y aun podrá no recibir ninguna si se aleja con una velocidad igual al de propagación de las ondas — de donde se infiere que el observador, al alejarse del centro de emanación del sonido, lo percibirá más grave, puesto que se sabe que la escala del sonido, del agudo al grave está caracterizada por la disminución del número de vibraciones en la unidad de tiempo, y, como la gama de los colores espec-

trales desde el violeta hasta el rojo corresponde á la del sonido del agudo al grave, en el caso de tratarse de un centro de vibración correspondiente á luz blanca, el observador, al alejarse de él *percibirá una luz más roja*. Recíprocamente, si el observador se aproxima hacia el centro vibratorio, esto es, marcha al encuentro de las ondas emitidas, el número de pulsaciones percibidas en la unidad de tiempo será mayor: el sonido parecerá más agudo, ó *la luz blanca más violeta*. Las mismas apreciaciones tendrían lugar si en vez de ser el observador quien se traslada, lo fuera la fuente vibratoria. Damos en seguida las principales conclusiones á que llegó Doppler.

- a) *Por la aproximación del objeto luminoso, la intensidad va siempre aumentando; la coloración, para una velocidad creciente, pasa del blanco al verde, luego al azul y finalmente al violeta.*
- b) *Por el alejamiento, la intensidad va disminuyendo y la luz blanca pasa gradualmente del amarillo al anaranjado y finalmente al rojo. Si, no obstante, la luz hubiese alcanzado ya alguna coloración, por ejemplo, amarilla, entonces el cambio comienza á partir de este color, en el sentido indicado en a y en b.*

f) Si la velocidad de una estrella en movimiento cambia, su color, lo mismo que su intensidad, sufren una variación y puede siempre acontecer que una estrella nos parezca con el tiempo recorrer todos los colores del espectro.

Para reforzar los principios enunciados, Doppler atribuía el cambio desigual de coloración en las estrellas componentes de las dobles, diciendo que al girar ambas alrededor del eje de simetría perpendicular á la línea que las une, una de las estrellas, al alejarse de nosotros, tendería á tomar la coloración roja mientras que la otra al acercarse, aproximaría su coloración hacia el violeta.

El físico holandés Buys-Ballot fué uno de los hombres de ciencia que por aquella época más se distinguieron en la refutación de las conclusiones de Doppler. En efecto, si bien el distinguido físico holandés constató experimentalmente esas leyes aplicadas á las ondas sonoras, no participó de la misma opinión sobre la posibilidad de extenderlas á las ondas luminosas—fué así que no tardó en demostrar que tratándose de las ondas luminosas emanadas de las estrellas, las leyes enunciadas por Doppler no soportaban un examen concienzudo y que el cambio

de color de esos cuerpos celestes enunciado por este físico no podía producirse por efecto del movimiento de aquellos centros luminosos. Si la luz de las estrellas fuese rigurosamente homogénea, es decir, si fuese análoga al sonido musical simple de elevación determinada, se podría invocar una alteración de color correlativa de la elevación del sonido, con la necesidad expresa de admitir en los fenómenos astronómicos velocidades tan grandes que la imaginación apenas concibe—pero si fijamos nuestra atención en la asombrosa diferencia que media entre la mayor velocidad que realmente poseen los cuerpos celestes y la velocidad de la luz, colegiremos sin esfuerzo que existe una verdadera imposibilidad fisiológica de probar la variación de color por la simple traslación de los focos luminosos estelares. Por otra parte, aun admitiendo, como ya lo significamos, que los astros en su movimiento relativo poseyesen una velocidad tan enorme que las radiaciones rojas se transformasen en anaranjadas, éstas se volviesen amarillas y así en el mismo orden hasta que el color violado se transmutara en ultra-violado y de consiguiente invisible, si se tiene en cuenta las experiencias de Herschel y Melloni que prueban la existencia de radiaciones oscuras como continuación del espectro luminoso del lado del rojo ó radiaciones infra-rojas como suele llamársele, será fácil con-

vencerse de que las estrellas primitivamente de color blanco, al alejarse de nosotros en su carrera supuesta *a priori* extremadamente rápida, no perderán el color rojo para transformarse en verdosas, sino que á su vez, las primeras radiaciones infra-rojas al experimentar modificaciones en el mismo sentido que las otras, se transformarán en rojas; y las estrellas, á pesar de su veloz alejamiento, conservarían su primitivo color blanco, habiéndose producido durante el fenómeno considerado del movimiento estelar una simple traslación del conjunto del espectro luminoso, que no determinará en definitiva ningún cambio de color, sino que las radiaciones que entren por una extremidad del espectro reemplazarán sucesivamente á las que salen de la otra extremidad.

PRINCIPIO DE FIZEAU. — Hallábase la cuestión en ese estado cuando M. Fizeau, el 23 de Diciembre de 1848, leía en la Sociedad Filomática de París una memoria célebre, en la cual exponía los efectos del movimiento sobre el tono de las vibraciones sonoras y sobre la longitud de onda de los rayos luminosos. «Si un cuerpo sonoro, decía el ilustre físico francés, emitiendo un sonido continuo é idéntico se mueve con una velocidad comparable á la del sonido, las ondas sonoras no estarán simétricamente dispuestas alre-

dedor del cuerpo sonoro como acontece cuando se halla en reposo; sino que se aproximarán las unas á las otras en la región hacia la cual tiene lugar el movimiento y se alejarán entre sí en la región opuesta — para un observador colocado hacia adelante ó hacia atrás respecto del cuerpo sonoro, el sonido será diferente; más agudo en la primera posición, y más grave en la segunda.» Como se vé el punto de partida del enunciado de Fizeau es exactamente igual al de Doppler, pero las consecuencias que aquel físico deduce, son completamente distintas de las que este último enunciara, como lo veremos en seguida. Fizeau, para apoyar experimentalmente su teoría, presentó á la consideración de aquella sociedad de sabios un aparato de su invención que él describe así: «...Este aparato está fundado sobre el principio de las ruedas dentadas de M. Savart, pero la disposición es inversa. En lugar de dientes móviles que encuentran en su carrera un cuerpo elástico fijo, es el cuerpo elástico el que se coloca sobre la circunferencia de una rueda y que encuentra en su movimiento una serie de dientes fijos colocados en la concavidad de un arco exterior inmóvil. Se tiene así un aparato fijo que goza de la propiedad de emitir sonidos diferentes en cada dirección particular.» Y en seguida, generalizando el concepto de las vibraciones sonoras en movimiento al de las vibra-

ciones luminosas, define así el fenómeno al cual corresponde el movimiento del punto radiante: «Un movimiento muy rápido y comparable á la velocidad de la luz, atribuido al cuerpo luminoso ó al observador, tendrá por efecto alterar la longitud de ondulación de todos los rayos simples que componen la luz recibida en la dirección del movimiento. Esta longitud será aumentada ó disminuida según el sentido del movimiento. Considerado en el espectro, este efecto se traducirá por una *traslación de rayas* correspondiente al cambio de la longitud de onda.» Se vé por lo que antecede, que la traslación de un centro luminoso estelar no dá lugar, como lo establecía Doppler á una variación de coloración, sino á una traslación de rayas en el espectro producido por el centro de radiación; es un cambio aparente de refrangibilidad que puede medirse perfectamente y que está muy lejos de ser despreciable. De lo expuesto se deduce que *la refrangibilidad de una onda luminosa, no depende sino del período aparente de su movimiento vibratorio*. Queda con esto deslindada perfectamente la labor de cada uno de los notables físicos: Doppler y Fizeau. Al primero se debe el haber hallado cómo el movimiento de un centro vibratorio modifica el período aparente de este centro, y al segundo, el haber descubierto cómo se puede constatar esa variación del pe-

ríodo, midiéndola además por la variación de refrangibilidad. Es por tal causa que Mr. Cornu, de cuya bella exposición hemos extractado el presente capítulo de nuestra obra, propone apellidar con el nombre de *Doppler-Fizeau* el método óptico que permite valorar la velocidad relativa de un centro luminoso por la traslación de las rayas del espectro.

Generalizado el uso del espectroscopio y perfeccionado siempre más su manejo, llegó un momento en que dicho instrumento fué considerado como indispensable en química para el análisis simple y preciso de los cuerpos; y partiendo del estudio químico se generalizó su empleo en astronomía con éxito siempre creciente. En 1862 Huggins y Miller le adaptan por primera vez á un antejo astronómico y analizan la luz de la luna, de los planetas, de las estrellas y de algunas nebulosas; estudian las rayas espectrales de esos astros, las comparan á las de las fuentes artificiales y de sus observaciones se deduce que los elementos químicos terrestres, tales como el hidrógeno, el sodio, el magnesio, el fierro, etc., etc., no sólo aparecían en el sol, como ya lo había descubierto Kirchoff, sino que también eran constatados en el espectro de la luz estelar.

Más tarde, Maxwell, ignorando las experiencias y deducciones de Fizeau, volvió á encontrar

la teoría fundada por este sabio físico sobre la traslación de las rayas correspondiente á la traslación de un centro luminoso, y la fórmula por medio de la cual Fizeau había calculado el efecto que produciría sobre las rayas del espectro una traslación del foco luminoso con una velocidad igual á la del planeta Venus ⁽¹⁾, fórmula que sirvió luego á Huggins para probar, por la variación de la raya *F* del hidrógeno, que la bella estrella Sirio se alejaba de la tierra con una velocidad de 29,4 millas ó 47 kilómetros por segundo. Este fenómeno de la traslación de las rayas en los espectros de las estrellas, siguió preocupando la imaginación de los hombres de ciencia tales como Vogel, Christie, Janssen, y sobre todo del padre Secchi que dividió los espectros estelares en tres tipos principales — pero esas traslaciones eran tan poco apreciables en los instrumentos de esa época que los resultados hasta entonces obtenidos, eran objeto de largas y acaloradas discusiones que amenazaban destruir las pruebas de la teoría formulada por Doppler y Fizeau.

VERIFICACIÓN DEL MÉTODO POR LA ROTACIÓN SOLAR. — Para verificar con exactitud la teoría

(1) $\lambda'' = \lambda \left(1 \pm \frac{v}{V}\right)$; siendo λ'' y λ respectivamente las longitudes de onda aparente y real; v , la velocidad relativa del foco luminoso, y V , la velocidad de la luz.

enunciada era preciso, no sólo disponer de un cuerpo luminoso cuya velocidad fuese perfectamente conocida, sino también que esa velocidad tuviese un valor apreciable respecto de la velocidad de la luz, que como ya sabemos, alcanza á la enorme cifra de 300 000 kilómetros. Evidentemente era ilusorio pensar en obtener tales velocidades en un cuerpo terrestre; y se debe al notable físico Zöllner, la idea de emplear para tal verificación, la rotación del sol. En efecto, se sabe, por estudios practicados anteriormente, que un punto del ecuador solar posee una velocidad proveniente del movimiento de rotación de este astro, de 2 kilómetros por segundo; velocidad que si bien es por demás pequeña comparada con la de la luz, tiene por lo menos la ventaja de ser perfectamente conocida. Girando el sol sobre su eje de oeste á este, resulta que observando sucesivamente las dos extremidades de un diámetro ecuatorial, la extremidad del borde occidental se dirigirá hacia el observador mientras que la oriental se alejará, ambas con una velocidad de 2 kilómetros por segundo, lo que da una diferencia de 4 kilómetros. Ahora bien, como el sol ofrece en su espectro las rayas de los elementos metálicos vaporizados en su superficie, se debe hallar una diferencia de refrangibilidad, según que se observe una ú otra extremidad de la línea ecuatorial. Sin embargo,

sucedía entonces que con los aparatos en uso, cuya dispersión era sumamente pequeña, no podía apreciarse una traslación que para la velocidad de 4 kilómetros sólo alcanzaría á $\frac{1}{75}$ del intervalo de las dos rayas *D* de Fraunhofer, rayas correspondientes al sodio, y que los espectroscopios ordinarios apenas pueden separar. Aunque Vogel, en 1871, había conseguido observar y medir aquella traslación correspondiente á la diferencia ya apuntada de 4 kilómetros empleando para ello el espectroscopio á reversión de Zöllner, se atribuye al astrónomo americano Young haber efectuado, en 1876, la primer medida concluyente de esa separación de rayas por medio de una ingeniosa combinación entre el prisma refringente y la red de difracción ideada por Rutherford. Pero recién en 1880, Thollon, proyectando alternativamente sobre la ranura del espectroscopio el borde oriental y occidental del sol, pudo comparar, en cada caso, el grupo de rayas solares con las fijas llamadas telúricas, y que como sabemos provienen de la atmósfera terrestre. Más tarde, Rowland perfeccionó de tal manera el espectroscopio y los métodos de observación de las rayas, que el astrónomo sueco Duner ha conseguido medir la rotación solar no solamente sobre el ecuador sino también sobre cada paralelo, y comparar los resultados con los que en varias ocasiones se obtuvo referente á la

rotación solar, por la observación de las manchas de ese astro.

Observando Vogel, en 1889, el espectro fotográfico del planeta Venus, notó una traslación en las rayas, correspondiente á un acercamiento hacia la tierra, representado por una velocidad de 12 á 14 kilómetros por segundo; y el valor de la velocidad hallado por medio del cálculo dió 12 á 13 kilómetros. El 18 de Septiembre de 1882, MM. Gouy y Thollon observando desde el Mont-Gros, cerca de Niza, el espectro del cometa Wells, constataron una desviación hacia el rojo de la doble raya *D* de la soda, de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{5}$ del intervalo de esas rayas, traslación que corresponde á una velocidad de alejamiento de 76 á 61 kilómetros por segundo; mientras que la efemérides calculada ulteriormente por Bigourdan hace ver que la velocidad real de ese astro era de 73 kilómetros y correspondía al sentido marcado por el espectroscopio. Una observación análoga sobre el mismo cometa fué hecha por M. Vogel cuando la velocidad del astro alcanzaba apenas á 27 kilómetros. Los datos que acabamos de presentar, demuestran suficientemente que la teoría Doppler-Fizeau ha recibido de parte de la experiencia la sanción más completa.

APLICACIÓN DEFINITIVA DEL MÉTODO DOPPLER-FIZEAU Á LAS ESTRELLAS.— La luz débil de las

estrellas constituye una primera dificultad para el estudio de sus espectros á través de prismas dispersivos; y, aunque suele atenuarse este inconveniente concentrando la luz emanada de la estrella hacia el espectroscopio, por medio de lentes apropiadas ó espejos de gran diámetro, no es posible ampliar esas dispersiones como se hace cuando se estudia la luz solar. Al emplear espectroscopios poco dispersivos, la traslación de las rayas es casi imperceptible y por lo tanto susceptible de errores su observación— por otra parte, careciendo las estrellas de dimensiones, hay una seria dificultad en la producción de la faja espectral y, si bien es posible dilatar transversalmente dicha faja interponiendo una lente cilíndrica, resulta siempre con ello una disminución de intensidad luminosa, y de consiguiente una causa de error en la apreciación de las rayas. Siendo necesario, para estudiar las rayas producidas por el espectro de las estrellas compararlas con las que resultan de un espectro artificial, tal como el de la llama del hidrógeno, existe naturalmente no poca dificultad en la comparación de las rayas de ambos espectros y sólo una paciente dedicación á esta clase de estudios puede dar resultados halagadores. En la actualidad, casi todos los observatorios que se reputan de primer orden, han establecido servicios regulares y permanentes de espectroscopía

estelar. La fotografía ha venido oportunamente en ayuda de los estudios sobre análisis espectral, atenuando las dificultades apuntadas y dando un impulso gigantesco á esa útil y fecunda rama de las ciencias aplicadas. En efecto, como lo veremos más detalladamente en el capítulo que sigue, la exposición más ó menos prolongada de la placa fotográfica, compensa en el caso que nos ocupa, la poca intensidad de la luz de las estrellas y la impresión por este medio, débil para los rayos más brillantes del espectro, no sólo se hace más intensa para los rayos azules y violados que el ojo humano no percibe con claridad, sino que se prolonga más allá del violado, esto es, hacia las regiones para las cuales nuestra retina permanece completamente insensible.

Aunque los trabajos de espectrofotografía son ya demasiado numerosos para que nos detengamos á citar casos aislados, creemos conveniente consignar que uno de los primeros astrónomos que aplicó con notable éxito esta nueva rama de la astronomía físico-matemática, fué Vogel, quien en Potsdam, relevó sobre un cliché, las traslaciones de las rayas de la estrella β Perseo (Algol) haciendo una importante observación. Constató, en efecto, este distinguido astrónomo que la velocidad variable de dicha estrella antes y después de la época del *mínimum*, era respectivamente

de signo contrario; de donde se dedujo que la velocidad del astro varía con su resplandor periódicamente, pasando de +45 á -46 kilómetros por segundo. Esta periodicidad dió lugar á pensar que Algol posee un movimiento de traslación describiendo una órbita alrededor de un centro de atracción invisible hasta hoy para nosotros; idea que viene á confirmar la hipótesis ya emitida por diversos astrónomos, que atribuyen las variaciones de resplandor á la ocultación parcial causada por el paso de un planeta obscuro, y que estaría de acuerdo con la teoría de la atracción universal que establece que: la rotación de un satélite alrededor de una masa de atracción, engendra necesariamente la rotación de esta masa alrededor del centro de gravedad común. Vogel, por procedimientos especiales llegó á deducir el radio medio de la órbita de Algol, el que fijó en 1700000 kilómetros, esto es, 80 veces menor que el de la órbita terrestre. No entraremos á describir las múltiples deducciones que este ilustre astrónomo hizo, partiendo de los estudios fotoespectrales de los astros, por considerarlas fuera de los límites elementales de esta pequeña obra; pero podemos asegurar que este nuevo estudio, que en tan pocos años ha contribuído poderosamente á ensanchar el campo ya bastante ámplio de las investigaciones astronómicas, tiene un porvenir brillante en el con-

cierto de las ciencias en general, constituyendo desde ya un auxiliar valioso de la mecánica celeste.

/

CAPÍTULO IX

Fotografía del cielo

HISTORIA. — Desde la antigüedad son conocidos los efectos químicos de la luz. Aristóteles escribía que las plantas permanecían blancas cuando crecían privadas de luz y recobraban su color verde cuando se las exponía á los rayos solares. Schulze observó, en 1727, que las sales de plata eran reducidas á la luz y que diluyendo en ácido azoico una pequeña porción de plata, se obtenía un licor que mezclado con creta hasta hacerle adquirir una consistencia gelatinosa, esta sustancia ennegrecía á la luz del sol. Heliot descubría, en 1737, la sensibilidad del papel impregnado de nitrato de plata sirviéndose de ese compuesto químico para confeccionar una tinta especial y Neumann hallaba la sensibilidad á los rayos solares del calomel. Bergmann obtiene, en 1776, un éxito completo exponiendo á la acción del sol una combinación de ácido óxálico con sales de mercurio; y, en 1777, Schulze prueba que el papel impregnado de cloruro de plata se colora

más rápidamente cuando es expuesto á la acción de los rayos violetas que cuando lo inciden los demás rayos del espectro. Esta misma experiencia fué repetida más tarde por Sennebien y confirmados sus resultados primitivos. La acción de la luz sobre las resinas fué hallada en 1782 por Hegemann, y en 1785 el célebre químico francés Berthollet, al descubrir que el agua de cloro se descomponía á la acción de la luz en oxígeno y ácido clorhídrico, dió ocasión á Saussure para construir, en 1790, el primer fotómetro, aparato destinado á comparar las intensidades luminosas. No obstante, debía tocarle al siglo XIX presenciar los primeros ensayos para intentar obtener imágenes de objetos por medio de preparaciones sensibles á la acción de la luz — y fué Wedgwood, en 1802, quien primero intentó copiar sobre papel impregnado de nitrato de plata el perfil de una persona expuesta á los rayos directos del sol — pero recién en 1824, Niepce consiguió copiar grabados sobre una placa de cobre plateado, barnizada con una solución de betún en esencia de lavanda — al cabo de ocho horas de continua exposición solar en la cámara obscura, el barniz que no había sido influenciado por los rayos luminosos era desalojado por un lavaje especial, quedando así la imagen ennegrecida representando el grabado que deseábase reproducir. Niepce había pues inven-

tado la fotografía contemporáneamente á Daguerre, el cual por procedimientos diferentes consiguió idénticos resultados. Asóciáanse ambos artistas en 1829 y trabajan unidos hasta 1833 en que la muerte sorprende á Niepce — continúa Daguerre por sí solo las investigaciones, y por fin, en 1839, publica los resultados, en los cuales daba á conocer su notable descubrimiento que él apellidó *daguerrotipo*, consistente en una placa metálica cubierta de una película de ioduro de plata de un espesor menor que un milésimo de milímetro en que las partes que habían sido impresionadas por la luz en la cámara obscura, eran luego reveladas correctísimamente por la exposición de la placa á los vapores mercuriales. Desde ese momento, la fotografía dejaba de ser un simple anhelo de los hombres dedicados á las investigaciones de las artes útiles, para convertirse de pronto en la más bella realidad. Semejante notable descubrimiento, no fué recibido en general con grandes muestras de entusiasmo — los artistas no ocultaban sus dudas, respecto al porvenir industrial del nuevo arte y aún la mayoría de los hombres de ciencia, no dió al principio verdadera importancia al descubrimiento de la fotografía. Entre los pocos que comprendieron la magnitud del invento de Niepce y Daguerre y las consecuencias felices que dicho invento reportaría para las artes y la ciencia en general de-

bemos contar en primera línea á Francisco Arago, cuyo genio previsor, permitíale observar lejos á través del porvenir adelantando sus juicios ciertos sobre las diversas manifestaciones de la actividad humana. Dicho notable hombre de ciencia francés, al presentar como diputado que era al congreso de su patria, un proyecto de pensión para Daguerre y los hijos de Niepce, decía en un párrafo de su discurso: «La preparación sobre la cual opera Daguerre, es un reactivo mucho más sensible á la acción de la luz que todos los que han sido empleados hasta hoy. Jamás los rayos de la luna, aún concentrados en el foco de una poderosa lente ó de un gran espejo reflector han producido efecto físico perceptible. Las películas preparadas por Daguerre se impresionan por el contrario á tal punto bajo la acción de esos mismos rayos y de las operaciones que le suceden, que cabe esperar en la posibilidad de obtener fotografías de nuestro satélite. Es decir, que en pocos minutos se ejecutará uno de los trabajos más largos, minuciosos y delicados de la astronomía.»

La hermosa predicción del gran sabio no tardó en cumplirse — el eco del maravilloso descubrimiento de Daguerre surcó veloz el océano y fué á repercutir simpático en Estados Unidos de Norte América — tierra clásica de la libertad, foco de labor intelectual, fragua magna donde se tem-

plan las energías físicas y mentales del hombre, antorcha portentosa que ilumina con fúlgidos rayos la ancha senda del progreso evolutivo encarnado en la robusta fibra de un pueblo viril. Allí fué donde J. W. Drapper, por medio de un telescopio newtoniano de trece centímetros de abertura, obtuvo en 1840 una serie de daguerrotipos de la luna, en los que aparecían con bastante nitidez las principales montañas del astro. Este suceso estimuló á los astrónomos, impulsándolos á seguir la vía indicada por el inmortal Arago; y en efecto, en 1850, W. C. Bond, aprovechando el gran ecuatorial de Mertz, de cuarenta centímetros de abertura, que acababa de instalar en Harvard-College, obtuvo en unión del célebre fotógrafo de Bostón P. A. Wipple, preciosos daguerrotipos que, enviados en 1851 á la exposición de Londres, provocaron con justicia la admiración entre los astrónomos de todo el mundo. Desde 1851 se generaliza el procedimiento al colodio—y valiéndose de este nuevo procedimiento, obtienen éxitos felices los profesores Phillips, Harnupp, Crookes, Edwards y Read durante los años 1854 á 1856. A la lista de astrónomos que desde 1850 á 1857 se han ocupado de fotografías lunares, hay que agregar, según Brothers, MM. Betch y Arnaud en Francia; Huggins, en Londres; Dancer, Baxendell y Williamson, en Manchester; pero de los astró-

nomos ingleses que más se han distinguido por sus notables aplicaciones de la fotografía al estudio de la luna, debe citarse especialmente á Warren de la Rue, ilustre sabio que ya había sobresalido por sus estudios físicos del sol. Este laborioso astrónomo, constató sobre sus fotografías lunares ciertos efectos de luz, que le sugirieron la idea de la existencia de atmósfera en las partes bajas de los cráteres y en el fondo de los valles — no continuó sin embargo sus investigaciones científicas sobre la superficie del satélite. Hay que hacer notar, que hasta entonces existía una grave dificultad en los instrumentos de óptica aplicada á la fotografía celeste: el foco químico de los objetivos comunes, que es el punto donde concurren los rayos que impresionan las placas sensibles, no coincidía con el foco luminoso; y en 1864, Rutherford resolvió ese importante problema, agregando al objetivo del anteojo con el cual operaba, una tercera lente destinada á transportar el centro del haz de rayos activos á un punto del eje óptico donde su acción sobre la placa fotográfica fuese más eficaz. De ese modo consiguió, no solo obtener imágenes de la luna aún más nítidas que las de Warren de la Rue, sino que también imágenes perfectas del sol, y lo que hasta entonces considerábase poco menos que imposible, hermosas imágenes de estrellas de novena magnitud.

LUNA.—Entre las fotografías lunares dignas de figurar en primera línea como nitidez de imagen y corrección en sus pequeños detalles, están las de Henry Draper obtenidas por medio de un telescopio — las de Mr. Ellerie de Melbourne (Australia) — las fotografías del observatorio de Lick y, sobre todo, las que obtuvieron últimamente Loewy y Puiseux en el observatorio de París, que constituyen un verdadero portento del arte de la fotografía aplicada á la astronomía.

El ilustre sabio J. Janssen, director del observatorio de astronomía física de Meudon (Seine-et-Oise), dice lo siguiente respecto de la fotografía lunar ó selenografía: «El objeto que debemos proponernos en estos estudios es, ante todo, obtener una descripción topográfica de nuestro satélite que permita substituir al estudio penoso, precario, fugitivo que se consigue con el empleo de los anteojos, el estudio recogido y sin fatiga del gabinete—y luego también, preparar documentos indisputables, con fechas exactas, que permitan constatar de manera irrecusable los cambios que podrán producirse en la superficie de la luna.

Para alcanzar el primer objeto, es preciso evidentemente que nuestras fotografías lunares no sean inferiores á las imágenes que observamos en nuestros anteojos—lo cual no se ha conse-

guido aún. Nuestros grandes instrumentos actuales, con el aumento aún aceptable de 1800 veces, pueden mostrarnos objetos cuyo diámetro no llegue á cien metros. Por ejemplo, si nuestros ejercicios de movilización y de maniobras hubiesen tenido lugar en la superficie de la luna, nuestros anteojos, en circunstancias atmosféricas favorables, nos los hubieran podido mostrar perfectamente.

Ahora bien —nuestras actuales fotografías lunares apenas sí pueden acusar la presencia de objetos iluminados que tengan próximamente un kilómetro de diámetro.

Respecto á los cambios que podrá producirse en la superficie de la luna, es evidente que si las fuerzas selenológicas llegasen á modificar un contorno de mar ó á hacer desaparecer la gran meseta del mar de las *Crisis*, ó aún á hacer surgir sobre esta meseta una inundación de materia que ocupase más de un kilómetro de diámetro, nosotros podríamos constatarlo en nuestras cartas fotográficas actuales; pero es preciso notar que dado el estado de enfriamiento á que ha llegado la luna, no podemos esperar sino ligerísimas modificaciones en los relieves actuales. Es fuerza entonces, que nuestras imágenes fotográficas lunares sean suficientemente detalladas y asaz perfectas para ponerlas claramente en evidencia.

Pero esos documentos, esas cartas detalladas, delicadas y fieles, las tendremos bien pronto.

Para no hablar más que de Francia, los observatorios de París y de Meudon poseen actualmente anteojos fotográficos que darán directamente imágenes lunares mayores de 0^m,15 de diámetro, sobre las cuales los detalles de que acabo de hablar serán netamente perceptibles.

Entonces bastaría que se produjese sobre la superficie de la luna accidentes comparables á los de Ischia y del Krakatoa para que pudiésemos obtener la prueba fotográfica irrecusable de tales fenómenos.»

NUEVA PRUEBA DE CARENCIA DE ATMÓSFERA LUNAR.—Mr. Janssen en sus investigaciones incessantes sobre fotografía del sol, creyó con bastante fundamento, que la producción de un eclipse parcial ó total de este astro podría dar la clave de ese viejo enigma, que lo constituye el saber si realmente existe atmósfera en la superficie de la luna. Es evidente, dice Mr. Janssen, que en las circunstancias especiales de un eclipse de sol, los rayos de este astro que nos dan la imagen de su superficie y de su granulación, deben, cuando se trata de las partes de la fotosfera muy cercanas del borde lunar, atravesar esta atmósfera hipotética antes de llegar hasta nosotros; y es oportuno hacer notar que las condiciones son

en este caso las más favorables para poner en evidencia la acción descrita, puesto que los rayos en cuestión deben atravesar esa atmósfera precisamente en su mayor espesor. Fué así que en 1879 debiendo ser visible un eclipse parcial de sol en el sud de Francia, Mr. Janssen fotografió dicho eclipse en el observatorio de Marsella; y del examen detenido de las fotografías dedujo que no aparecía ninguna diferencia sensible entre la nitidez de la granulación cercana al borde lunar y la de los puntos notablemente apartados de esas inmediaciones.

SELENOGRAFÍA. — Basta dar una ojeada sobre el grabado correspondiente, para convencerse que en toda la superficie de la luna, las formas cóncavas que revelan hundimientos más bien que protuberancias, predominan. Según los distinguidos astrónomos Loewy y Puiseux, haciendo abstracción de los cambios posibles en las fuerzas exteriores que solicitan dicho cuerpo celeste, las circunstancias apuntadas aparecen como consecuencias fácil de prever por las leyes del enfriamiento. Solidificada la capa exterior y reducida á una temperatura cercana á la del espacio, el calor perdido por radiación, es inmediatamente reemplazado por el interior cuya masa ígnea debe en consecuencia enfriarse, y contraerse más que la corteza. Impotente la costra

lunar para permanecer en equilibrio bajo la doble acción de la fuerza expansiva de los gases interiores y la de la gravedad, termina por quebrarse y hundirse en partes, para resolverse en una disminución general de volumen por causa de esa misma contracción interior. Aumentando cada vez más el espesor de la corteza lunar, los sollevamientos no se producen sino bajo la acción de fuerzas eruptivas extremadamente violentas y los hundimientos sólo se manifestarán cuando exista una insuficiencia considerable de presión interior. Tales fenómenos, contínuos durante el primer período, hubieron de hacerse intermitentes á medida que la corteza lunar fuera solidificándose y aumentando de espesor, abarcando, en tales casos, grandes extensiones de superficie.

Para facilitar el estudio de los varios accidentes, tales como cráteres, montañas, valles, etc., se ha colocado en la lámina correspondiente dos numeraciones: una horizontal y la otra vertical, dividiendo respectivamente un eje de coordenadas—acompañando á las dimensiones del primer eje con la letra *h*, y á las del segundo con la letra *v*, podrá hallarse en el encuentro de ambas coordenadas, el punto de la superficie que se desea.

Como se ve por la correspondiente lámina representativa de una parte de la superficie lunar,

existe en la región austral una mayor abundancia de círculos, mientras que en la zona opuesta cruzada por un círculo máximo de la esfera lunar cuyo polo estaría en los alrededores del cráter *Maginus* ($8,1 h - 7,9 v$), representa un aspecto mucho más regular como si hubiese reinado más calma en la época de su formación, ó como si dicha región hubiese sido cubierta por la lava ó materia líquida que en estado ígneo surgió por los cráteres de la otra región. Así podemos reconocer de una simple inspección la forma circular de los espacios apellidados mares por su aspecto, tales como el mar de las *Crisis* ($2,5 h - 3,5 v$), el mar de *Nectar* ($4,2 h - 5,8 v$), el de la *Serenidad* ($5,5 h - 2,9 v$), el de las *Lluvias* ($8,0 h - 2,0 v$), visible en parte en nuestra lámina. Se constata una especie de sucesión sistemática en la disposición de los mares de la *Fecundidad* ($2,8 h - 4,8 v$), de la *Tranquilidad* ($4,5 h - 4,0 v$), de la *Serenidad*, de las *Lluvias*, que se encadenan á modo de las hoyas mediterráneas estudiadas por los geólogos en la superficie terrestre.

El color sombrío de la parte oriental comparado al del borde opuesto, no es otra cosa, sin duda, que una ilusión debida á la curvatura del globo; mientras que otros grupos de manchas oscuras, no pueden ser atribuidos á simples sombras, como por ejemplo, las que se encuentran á mitad camino entre *Agripa* ($6,3 h - 4,3 v$)



Descripción de algunas partes del suelo lunar

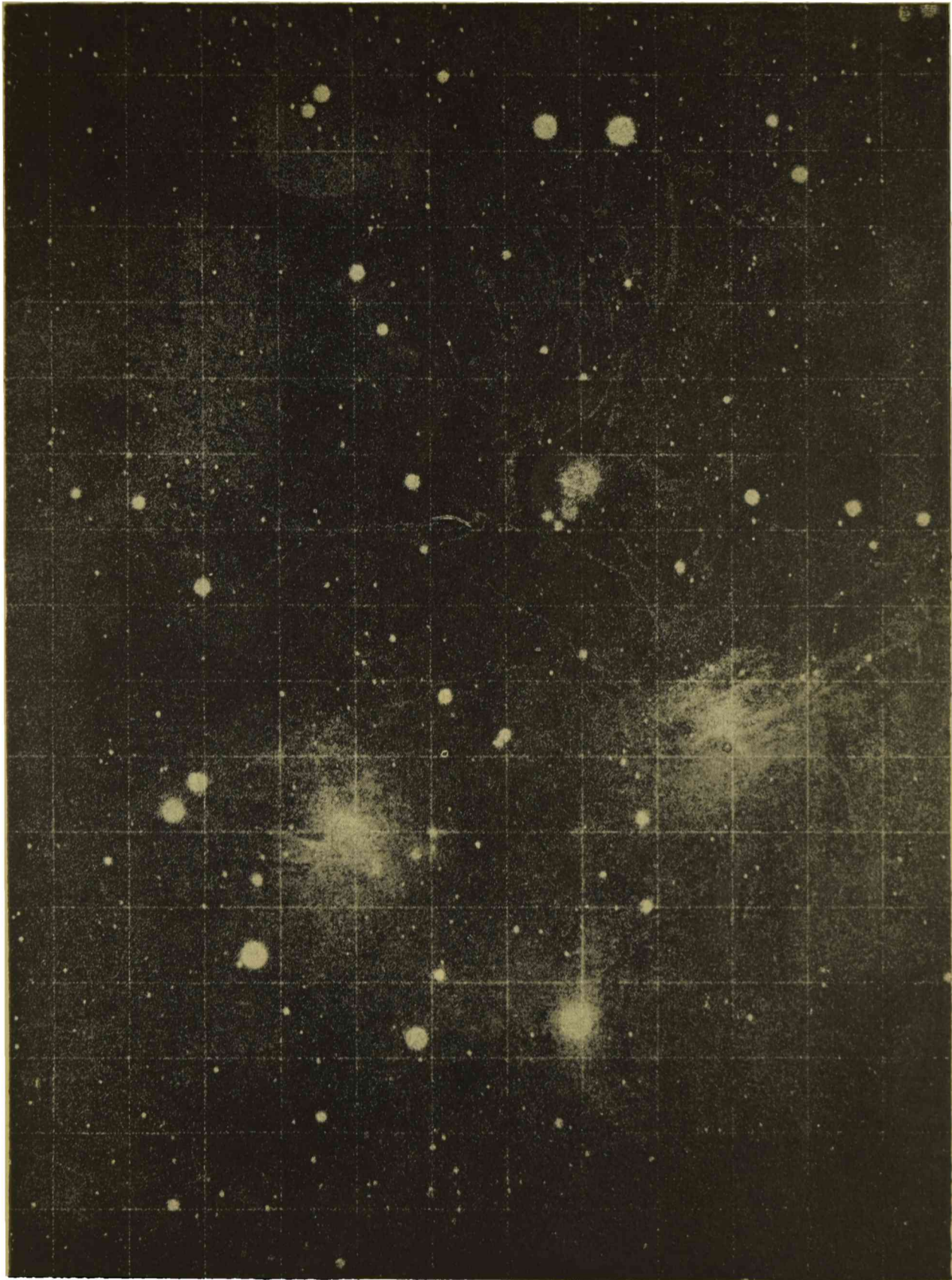
é *Higinus* ($6,8h - 4,0v$), sobre la región de *Lit-trow* ($4,6h - 3,3v$), al norte de *Plinio* ($5,0h - 3,5v$), en el interior de *Julio Cesar* ($5,9h - 4,0v$), y de *Boscovich* ($6,3h - 3,9v$).

La mayor parte de estas manchas ocupan cunetas deprimidas que han debido permanecer líquidas aun después que las partes circunvecinas se han solidificado. Estas cunetas quedan naturalmente invisibles en las inmediaciones del borde lunar porque la perspectiva no deja percibir más que las crestas proyectadas una sobre la otra — y es sin duda por este mismo motivo que los polos y más generalmente los bordes iluminados de la luna, los vemos de una blancura viva y casi uniforme. Algunas depresiones en las partes montañosas han mantenido una superficie accidentada, como si no hubiesen permanecido sumergidas; por ejemplo, la depresión que existe entre *Maginus* y *Moretus* ($8,4h - 8,8v$). La montaña central de este último circo, parece ser la más alta de la luna entera; sin embargo, en nuestro grabado se ve que apenas ha sido tocada por los rayos solares, de donde se infiere que dicho pico no alcanza al nivel de la muralla circular.

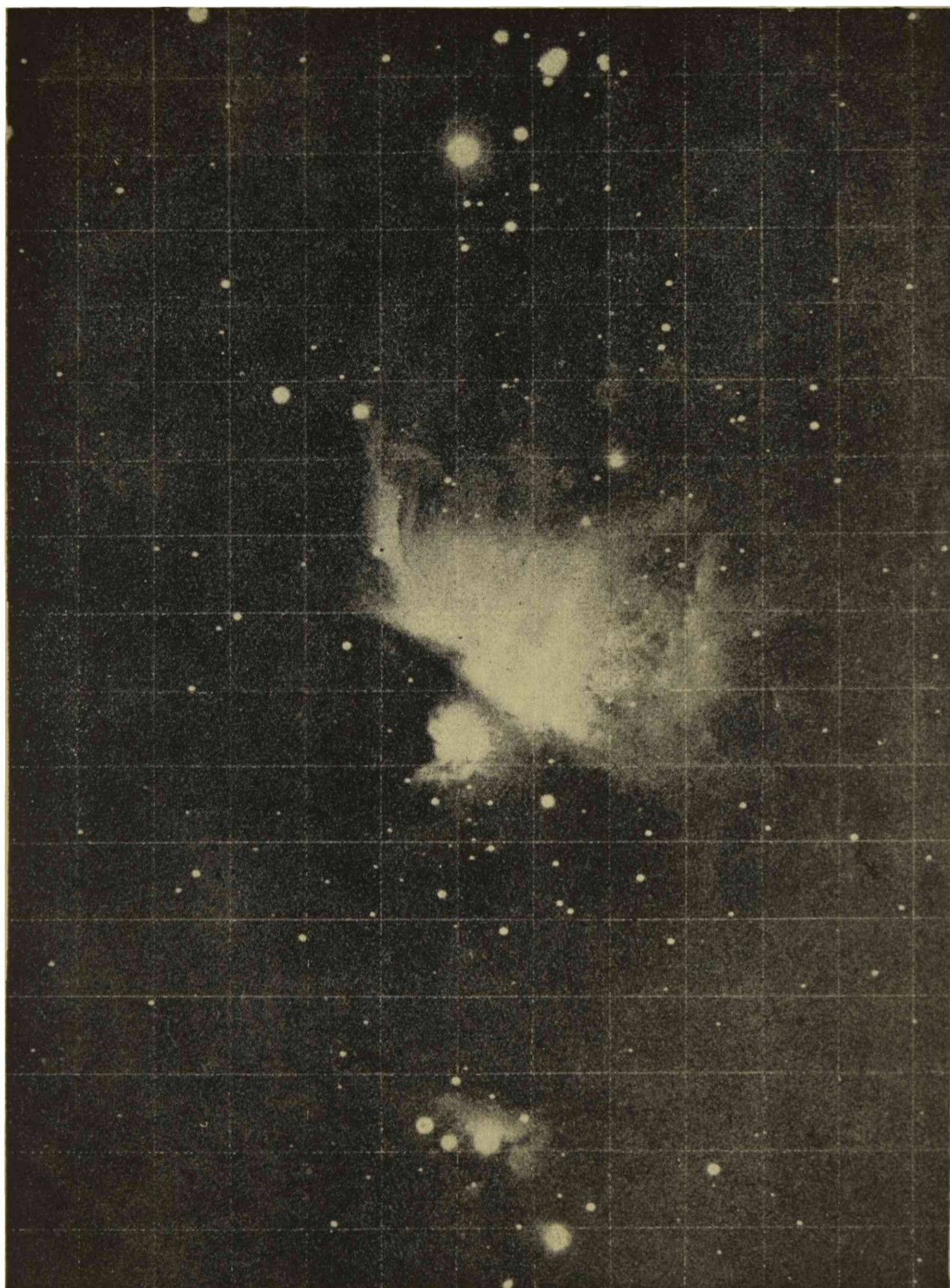
Ciertas regiones son caracterizadas por un tinte blanco general; es lo que acontece, por ejemplo, con *Walter* ($7,5h - 5,5v$); cerca de *Descartes* ($5,8h - 5,5v$), de *Teófilo* ($4,8h - 5,5v$), en-

tre *Hércules* ($5,0h - 1,8v$) y el mar de las *Crisis*, sobre la rampa oeste de *Maurólicus* ($6,4h - 7,8v$), se encuentran manchas claras más limitadas. Algunos circos como *Werner* ($7,3h - 6,7v$), *Menelaüs* ($5,8h - 3,4v$), *Hind* ($6,6h - 5,2v$), *Kant* ($5,4h - 5,4v$), *Censorinus* ($4,1h - 4,7v$), poseen un resplandor especial. Entre el mar del *Nectar* y el de la *Fecundidad*, los circos, demasiado distantes del límite iluminado para proyectar una sombra, aparecen comúnmente bajo forma de pequeños círculos blancos. Se sabe que esas manchas locales están sujetas á extenderse en ciertas direcciones, bajo forma de vastos regueros. Dos de ellos, emanados del circo de *Tycho*, pasan sobre *Maurólicus* y *Gemma Frisius* ($6,3h - 7,0v$); y al mismo origen se reducen el que atraviesa el mar de la *Serenidad* al norte de *Menelaüs*. La luna, en la faz representada en el grabado, nos muestra mejor los regueros de *Proclus* ($3,1h - 3,5v$) que acusan netamente tres direcciones principales: la de *Stewin* ($3,4h - 7,0v$) y las del doble circo del *Meseguero* ($3,0h - 4,9v$), que se parece á la cola de un cometa.

Los macizos montañosos de la luna, no poseen, como los de la tierra, una línea de cumbreras continuas, á veces sin ramificaciones menores — aquéllas se presentan en general en forma de mesetas accidentadas, cortadas en sus contornos por hundimientos circulares que á



Grupo y nebulosa de las Pléyades
Copia de una fotografía del Observatorio del Vaticano (Roma)
(Duración de la posa = 4 horas)



Nebulosa de Orión

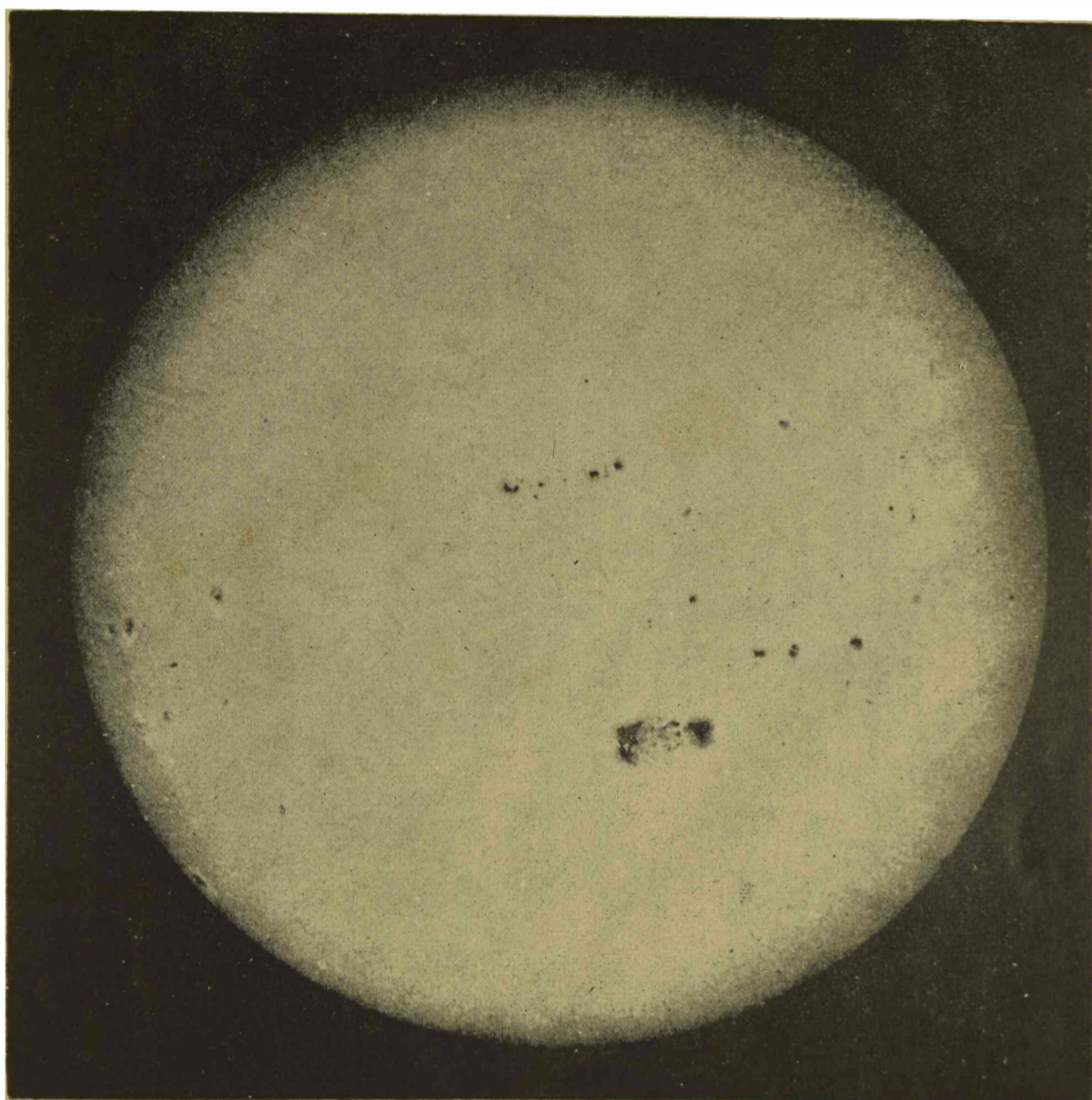
veces abarcan hasta el mismo sitio ocupado por las mesetas; este carácter es semejante al de los montes *Altaï* ($4,7-5,5 h - 5,9-6,8 \nu$) que trazan una línea de desnivel concéntrica al mar del *Nectar*. El aislamiento de los *Apeninos* ($7,0-8,5 h - 2,5-3,5 \nu$) y su configuración lineal, parecen ser la consecuencia de un doble hundimiento, brusco hacia el mar de las *Lluvias*, gradual hacia el mar de los *Vapores* ($5,7 \text{ á } 7,8 h - 3,2 \text{ á } 4,4 \nu$), y resulta una fisonomía general bastante semejante á la de una cadena de montañas terrestre, aunque la semejanza no se sostiene en los detalles. El macizo de los *Alpes* ($7,0-8,5 h - 1,4-1,9 \nu$) representa á su vez la ruina de una meseta, socavada de un lado por el mar de las *Lluvias* y del otro por el mar del *Frío* ($7,0-8,5 h - 1,0-1,4 \nu$).

Si bien los detalles de la estructura de los circos se revelarían mejor sobre cartas construídas á mayor escala, se reconoce no obstante en el grabado, la tendencia de los circos á agruparse de á dos, de á tres, de á cuatro, etc., según alineaciones cuya dirección se aproxima á la de un meridiano lunar. Entre esas asociaciones de circos se puede anotar: los de *Aristóteles* ($6,5 h - 1,5 \nu$) y *Eudoxo* ($6,4 h - 1,8 \nu$); *Arístilo* ($7,4 h - 2,3 \nu$) y *Autólico* ($7,4 h - 2,5 \nu$); *Agripa* y *Godin* ($6,3 h - 4,5 \nu$), *Herschel* ($7,7 h - 5,0 \nu$), *Ptolomeo* ($7,7 h - 5,3 \nu$), *Alfonso* ($7,8 h - 5,6 \nu$) y *Arzachel* ($7,7 h - 5,9 \nu$), *Thebit* ($7,9 h - 6,2 \nu$), *Purbach*

(7,7 *h* – 6,5 *ν*), *Regiomontano* (7,6 *h* – 6,7 *ν*) y *Walter*, *Lacaille* (7,4 *h* – 6,3 *ν*), *Blanchinus* (7,2 *h* – 6,4 *ν*), *Werner*, *Aliacensis* (7,0 *h* – 6,8 *ν*). La orientación de estos grupos alineados da lugar á creer que es la misma que la de las antiguas grietas del suelo lunar.

Si recordamos que el análisis espectral con sus medios potentes de investigación nos demostró que la materia de la luna, lo mismo que la de los demás astros, es la misma que la de nuestro suelo, colegiremos la importancia que para el hombre representa el estudio de la selenografía, así como el estudio de la superficie de cada uno de los planetas que por su distancia á la tierra lo permiten, á fin de cerciorarse si además de existir identidad en la materia de que respectivamente están compuestos los diversos mundos, hay también en todos ellos identidad en el modo de formación.

SOL. — Si la luna, astro al parecer sin vida — condenado á vagar eternamente en el espacio etéreo desempeñando tan solo un rol mecánico en la conservación del equilibrio universal — de aspecto frío y desolante, en cuyo escabroso suelo, privado de atmósfera, jamás distinguióse cambio sensible alguno capaz de herir la imaginación fantástica del habitador terrestre con la presunción siquiera de una forma de actividad física —



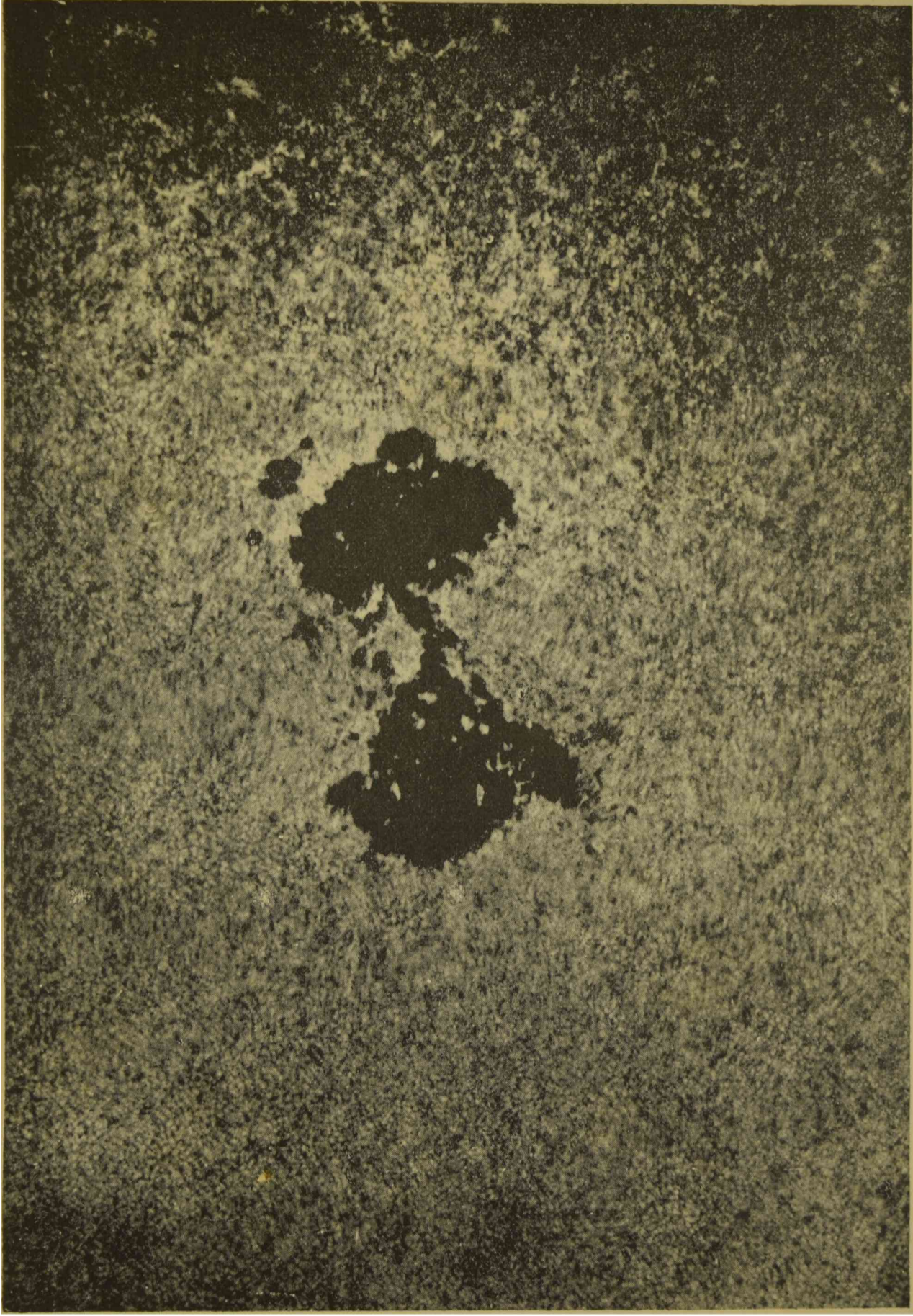
Copia de una fotografía solar
sacada en el Observatorio del Vaticano (Roma)

ha sido no obstante y es aún estudiado con detenimiento por el proceso daguerriano que, como acabamos de ver, tiende con su perfeccionamiento sucesivo á describirnos gráficamente hasta los más ténues detalles de la superficie lunar—¿cuál no será la importancia de la aplicación de igual procedimiento científico al estudio prolijo de la superficie del sol, astro radioso que fecunda nuestro planeta con las manifestaciones de su energía exteriorizadas bajo forma de luz, calor, electricidad, magnetismo, etc., elementos todos que esparcen el movimiento y la vida por doquiera? Y en efecto, así debió comprenderlo el ilustre John Herschel quien, en 1856, empleaba decididamente su influencia en favor de la creación en el observatorio de Kew de un servicio de fotografía solar, que dirigió luego con la competencia que caracterizaba su personalidad científica, el célebre astrónomo Warren de la Rue.

Si se observa el sol por medio de un antejo de mediano poder, anteponiendo, bien entendido, sea al objetivo ó al ocular según lo permita el instrumento que se emplea, vidrios ahumados ó de color para evitar que la intensa luz hiera la vista, se descubre que la superficie de dicho astro presenta el aspecto de un blanco lechoso, á excepción de ciertas regiones oscuras más ó menos intensas que toman el nombre de *man-*

chas y que no siempre son visibles. Aumentando el poder magnificador del antejo se constata fácilmente que la superficie libre de *manchas* se ha vuelto de un blanco perfecto, fenómeno que se explica por la sensación que sobre nuestra retina produce una masa de pequeños puntos brillantes sumergidos en un medio menos luminoso. A la superficie que en esa forma impresionada nuestro órgano visivo llámasele *fotósfera*. Los puntos brillantes han recibido diversas denominaciones según las diferentes apreciaciones de los observadores. Algunos, entre ellos el ilustre Janssen, llámanles *granos de arroz*; otros, *hojas de sauce*, etc. Envuelve á esa superficie esférica, una capa de varios kilómetros de espesor, semejante á atmósfera luminosa, poco transparente y de un color rosado, que se ha bautizado con el nombre de *cromósfera*. Esta masa gaseosa es la misma que en los eclipses de sol aparece en los bordes del disco cubierto por la luna bajo forma de nubes inflamadas que afectan figuras caprichosas conocidas con el nombre de *protuberancias rojas*. Exteriormente á la *cromósfera* aparece un vacío relativo, en el cual descúbrese por medio del espectroscopio trazas de un gas que posee las apariencias características del hidrógeno y que constituye la *corona solar*.

Después de varias tentativas para fotografiar



Estudios de la superficie solar — Mancha del sol y *granos de arroz*



VISTA DE LAS PROTUBERANCIAS ROJAS EN EL ECLIPSE TOTAL
DE SOL DEL 28 DE MAYO DE 1900 EN ARGELIA.

el sol, aprovechando, como lo hizo Majocchi en Milán, circunstancias favorables como el momento de un eclipse, tocóle á Fizeau y Foucault la gloria de conseguir por primera vez un daguerrotipo perfecto del astro radiante, en el cual se obtenía no sólo bellos ejemplares de manchas, sino también la comprobación palmaria de que los bordes del disco solar eran menos luminosos que las regiones centrales; lo cual indicaba claramente la existencia de una substancia gaseosa absorbente, que rodeaba la *fotósfera*.

Una pausa de varios años sucedió á estos descubrimientos y aplicaciones de la fotografía, hasta que Mr. Read obtuvo imágenes solares que, según él, evidenciaban el aspecto *rizado* de la superficie — marcando así el primer paso hacia los *granos de arroz* ya descriptos, y que más tarde, con instrumentos de mayor poder y procedimientos perfeccionados, se pudo plenamente identificar. El ilustre Porro, infatigable campeón de la ciencia que en Italia elevó á un alto rango el delicado arte de la óptica, obtuvo fotografías del sol de 0^m,14 de diámetro, en las cuales se revelaba, según Mr. Faye, los *jaspeados* más ténues que surcan la superficie de ese astro. Más tarde, cuando Herschel instituyó en Kew el servicio fotográfico permanente, Warren de la Rue se encargó de tomar cuotidianamente fotografías del sol desde 1862 hasta 1872, intervalo de tiempo

que media entre dos máximums de manchas solares. Y á propósito de ese período próximamente de once años, descubierto por el aficionado observador Schwabe, diremos que se ha pretendido en varias ocasiones correlacionarle á otros fenómenos celestes; y, cuando agotados todos los esfuerzos no se pudo seguir sosteniendo tales hipótesis, se trató de combinar ese mismo período con fenómenos terrestres. Así, R. Wolf, que había sostenido erróneamente la coincidencia del intervalo de dos máximums de manchas solares con la revolución del planeta Júpiter, indicaba con Gauthier y Sabine la concordancia de ese intervalo con el período hallado por el ilustre Lamont, de Munich, de las variaciones anuales de la oscilación diurna de la aguja magnética. Fracasada también esta nueva tentativa, se hace hoy toda clase de esfuerzos por relacionar el período de manchas solares sea con los grandes movimientos seísmicos, sea con los furiosos ciclones, con los períodos de lluvias excepcionales y sus efectos; tales como el crecimiento del régimen de los ríos, las inundaciones, y hasta las épocas de carestía y de abundancia. Vengan, enhorabuena, opinamos nosotros, todas las teorías que, fruto de profundos estudios ó de largas y pacientes observaciones, son por lo general el punto de arranque de futuras aplicaciones prácticas de positiva utilidad general — pero

N



O

E

S

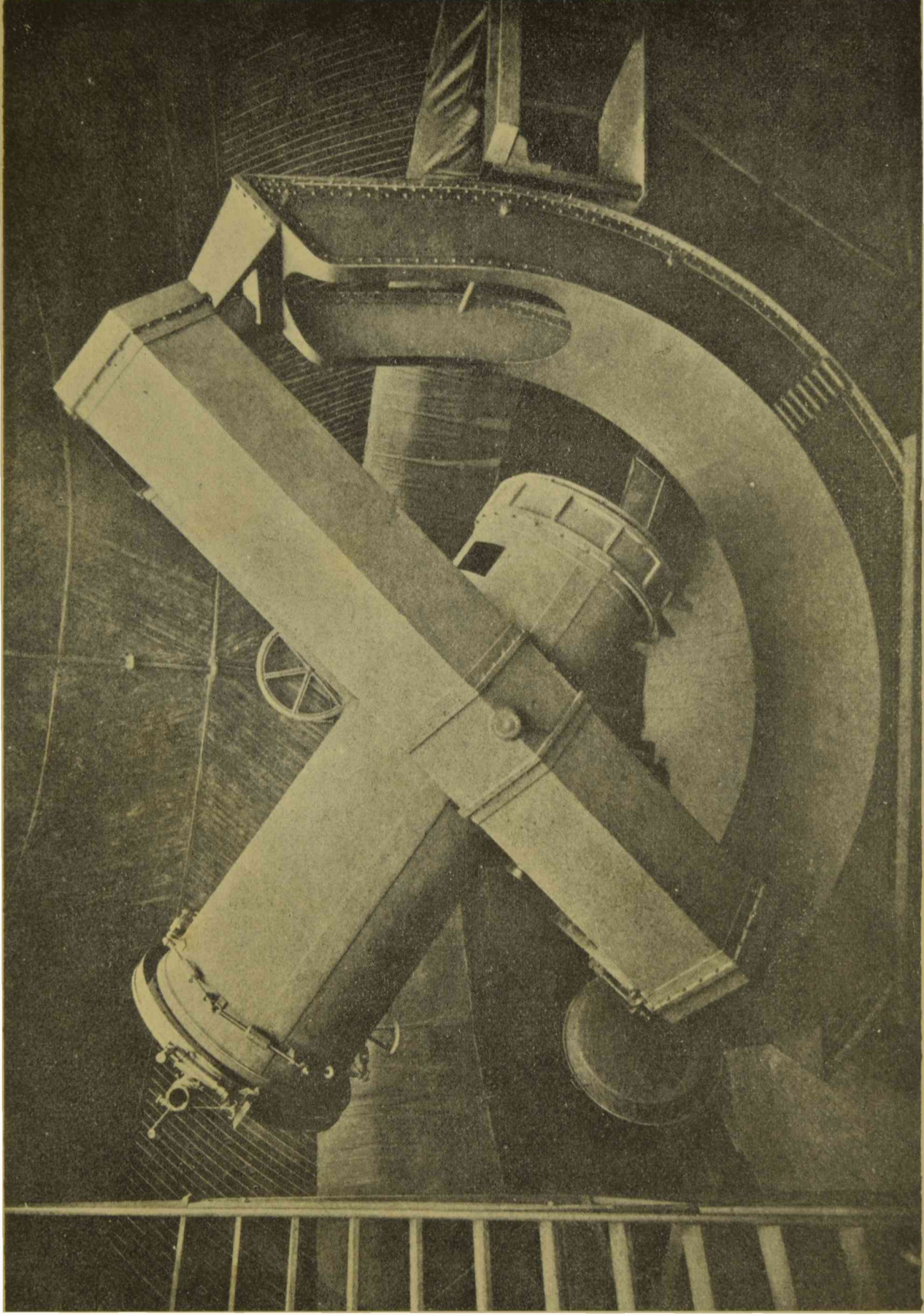
Eclipse de sol del 28 de Mayo de 1900
Observado en Elche (España)

cuando se pretende hacer surgir deducciones á porfía partiendo de principios antojadizos, sin fundamento serio y arreglados previamente para que produzcan el resultado que se desea, nos colocaremos modestamente á una respetable distancia de los inventores y paladines de semejantes teorías empíricas.

HELIOSCOPIO.—De los astrónomos que han dedicado sin reserva sus energías intelectuales al servicio de la fotografía celeste, debe contarse en primera línea al infatigable Janssen, fundador y director del observatorio de Meudon y el cual puede decirse que ha sabido, con su paciente labor, elevar un monumento imperecedero al astro del día adoptando el procedimiento fotográfico cuya ventaja sobre la observación directa, especialmente para el sol, está hoy fuera de toda duda—pues además de evitar las molestias y peligros inherentes á la observación á simple vista ó con el auxilio directo de los instrumentos de óptica, proceso ingrato que á tantos sabios denodados ha privado de la vista—permite conservar perennemente y con una fidelidad perfecta, el aspecto físico del astro en el momento de la observación, pudiéndose así formar la historia, escrita por el astro mismo, de las vicisitudes y cambios físicos experimentados á través de las edades. Mr. Janssen que también ocu-

póse preferentemente de la fotografía y análisis espectral de las nebulosas, de los cometas, etc., hizo construir para el observatorio que dirige, entre otros instrumentos, un telescopio newtoniano cuyo espejo, confeccionado por los célebres ópticos Henry, tiene un metro de diámetro y tres de distancia focal. De la parte mecánica se encargó la casa Gautier, que adoptó la montura ecuatorial sistema inglés como el ecuatorial fotográfico internacional que luego describiremos, con la diferencia que las extremidades del eje polar, en vez de descansar sobre pilares de mampostería, se apoyan sobre un robusto arco de círculo que puede moverse en su plano por medio de un tornillo de tangencia — disposición ésta que permite variar á voluntad la inclinación del eje horario, de tal modo á poderle utilizar en cualquier latitud. El antejo destinado á la fotografía solar, construído por el notable óptico Prazmowski, dá imágenes solares de 0^m,30 de diámetro — y va acompañado de un *buscador* que da sobre un vidrio despulido una imágen del sol de dimensiones tales que permite un centraje suficientemente exacto sobre la placa fotográfica.

Como ya dijimos, en los antejos fotográficos el foco químico, esto es, el punto donde se reúnen los rayos que impresionan la placa fotográfica, no coincide con el foco óptico ó centro



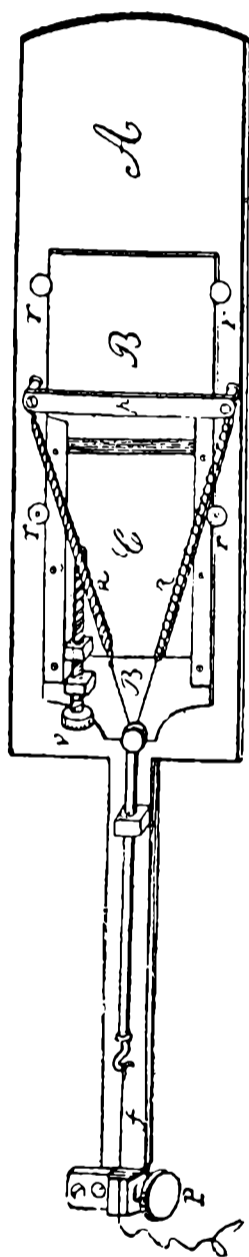
Telescopio de un metro de abertura del Observatorio Meudon

donde convergen los rayos que impresionan nuestra retina — y si nos propusiésemos ajustarnos más exactamente á la realidad de las cosas, diríamos que en rigor cada rayo simple de la luz solar (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo, violado, en orden ascendente de refrangibilidad) posee, al atravesar una lente, su foco químico especial; de tal modo que, si quisiéramos impresionar la placa fotográfica con cada uno de estos rayos individualmente, tendríamos que variar para cada uno de ellos la distancia de la placa á la lente objetivo. Sin embargo, como no sería práctico mover la placa fotográfica en el instante de ser expuesta á los rayos compuestos que emanan del astro, se construyen los objetivos de esta clase de instrumentos de tal manera que las imágenes focales sean formadas por rayos que tengan igual refrangibilidad y se dice entonces que son *acromatizados* para tal ó cual rayo simple. Prazmowski, que en la elección de los rayos para los cuales debía acromatizar la lente, tuvo en cuenta también la absorción fotográfica de las materias minerales que forman el objetivo, obrando de acuerdo con el fotógrafo especialista Mr. Arents que á su vez compuso el colodio *iodo-bromurado* predominando el iodo para la fabricación de las placas, construyó el objetivo fotográfico del observatorio de Meudon acromatizándolo para los rayos

que poseyeran el máximo de acción sobre dichas placas—esto es, para el *violado*.

Siendo tan intensa la luz solar, máxime cuando sus rayos son concentrados por la lente objetivo del antejo, se explica fácilmente que, por más lenta que sea la sensibilidad de una placa á la acción de rayos luminosos, resulta siempre demasiado sensible ó *rápida* cuando se la expone á la acción de los rayos solares—es preciso pues, si se desea obtener imágenes perfectas del astro radiante, que el tiempo de exposición se reduzca al *mínimum*, por medio de obturadores cuyo mecanismo especial permita una rapidez de movimiento extraordinaria. Conviene tener presente que para un mismo tiempo de exposición, la acción luminosa sobre una placa fotográfica, disminuye proporcionalmente al cuadrado del diámetro de la imagen—de modo que si para una imagen del sol de 2 centímetros de diámetro la acción luminosa en la unidad de tiempo de exposición la representamos por el guarismo 3, para una imagen de $2^2=4$ centímetros de diámetro, la acción luminosa sobre la placa en la misma unidad de tiempo de exposición, será $2^2=4$ veces menor: esto es, $\frac{3}{4}$. Se comprende entonces la conveniencia que existe para obtener imágenes solares perfectas, aumentar cuanto sea posible el diámetro de dicha imagen, disminuyendo á la vez el tiempo de exposición.

OBTURADOR RÁPIDO.—Es lo que ha conseguido con usura Mr. Janssen por medio del obturador llamado *trampa fotográfica* (figura c) cuya descripción somera puede reasumirse así:



(Fig. c)

A = Placa conteniendo el aparato móvil *B C B* que desliza sobre los rodillos *r, r, r, r*;

B B = Parte móvil que contiene la hendidura ó ranura;

C = Pequeña placa que, obedeciendo al tornillo *v*, sirve para regular la abertura de la hendidura;

f = Hilo que sirve para mantener en la debida tensión los resortes motores de la parte móvil;

P = Botón carrete ligado al hilo.

Colocado el aparato en el cuerpo del anteojó precisamente en el foco del objetivo, la placa fija *A* que posee en su centro una abertura circular, daría paso libremente á los rayos del sol, los cuales, después de atravesado el ocular, incidirían la placa fotográfica formando en ella la imágen magnificada del astro, si dicha placa no llevase en su plano la parte móvil *B C B* susceptible de deslizarse entre los rodi-

llos r, r, r, r que á la vez sírvenle de guía, y cubrir herméticamente si se desea, toda la superficie de la abertura circular. En esta última plancha obturadora se ha practicado una ranura de una longitud mínima igual al diámetro de la abertura circular, y cuyo ancho puede graduarse á voluntad por medio de la lámina C que, como hemos dicho, obedece al movimiento del tornillo de tangencia ν . Todo este sistema movable termina en un gancho f ligado por un hilo al tambor P capaz de enrollarle al girar sobre su eje. Solidarios por una parte á la placa fija y por la otra al sistema movable, hállanse unos resortes que se estiran cuando al arrollarse en el tambor P el hilo f , éste arrastra hacia el tambor la parte movable con su ranura, quedando así el aparato en estado de funcionar. En efecto, cortado ó quemado el hilo, el sistema BCB libre por completo de toda ligazón, y obedeciendo á la fuerza de tensión de los resortes, recorre con vertiginosa rapidez el plano de la placa A . En ese movimiento, la ranura pasa por delante de la abertura circular de dicha placa fija, permitiendo á los rayos de las diversas partes de la imágen solar atravesarle sucesivamente é ir á producir su acción sobre la placa sensible. De esa manera se consigue que quede fotografiada sucesivamente la imágen solar y, si la velocidad del movimiento de la ranura es uniforme como

debe serlo, la *posa* resultará igual en sus diferentes partes. Para apreciar la duración de la acción luminosa se emplea un instrumento llamado *diapasón*. Esa duración se relaciona siempre á la luz solar directa; esto es, á la luz solar no concentrada ni atenuada. Así, cuando se dice que la *posa* de una imágen solar ha sido de $\frac{1}{3000}$ de segundo, significa que, para esa imágen, la duración de la acción solar que la ha engendrado ha sido la misma que si se hubiese expuesto la placa fotográfica á los rayos directos del sol, durante $\frac{1}{3000}$ de segundo.

LA RETINA HUMANA Y LA SENSIBILIDAD DE LAS PLACAS FOTOGRAFICAS. — Siendo el ojo un órgano destinado á darnos imágenes reales de los diversos objetos exteriores, se comprende que la imagen de un objeto debe formarse tan sólo cuando hacia él dirigimos la vista y desaparecer apenas la desviamos — pues si bien es verdad que en nuestra mente puede quedar grabado por un tiempo más ó menos largo la configuración perfecta de tal imagen, es ésta solamente *subjetiva* y por tanto no puede clasificarse entre los fenómenos puramente físicos de la visión.

Es forzoso, pues, admitir como propiedad fundamental de la retina (membrana del órgano visivo destinada á recibir la impresión luminosa emanada de los objetos para ser transmitido al

cerebro por el nervio óptico que sirve de vehículo), que ella no conserva esas impresiones luminosas, sino por un espacio de tiempo muy corto — apreciado en $\frac{1}{10}$ de segundo próximamente. Después de ese tiempo, si no se desvía la vista del objeto, cesa la primera impresión para dar lugar á una segunda, á una tercera, etc., y así sucesivamente, nuevas impresiones se producen para desaparecer al cabo de $\frac{1}{10}$ de segundo. Así pues, al mantener nuestra vista por cierto tiempo sobre un objeto, le seguiremos percibiendo en virtud de una sucesión de impresiones cuya duración individual es apenas de $\frac{1}{10}$ de segundo. Por ejemplo, miremos de pronto un objeto cualquiera cuya luz, propia ó reflejada, impresiona nuestra retina—desde el momento físico en que dirigimos la vista hacia él hasta el instante de percibirle claramente, han ido acumulándose las acciones luminosas durante *un décimo* de segundo, para darnos al cabo de ese tiempo, la impresión completa de su intensidad — y á partir de ese nuevo instante, aunque siguiésemos indefinidamente observando el objeto, su intensidad luminosa no aumentaría para nuestra vista.

Ahora bien, si la intensidad luminosa total de un objeto ha tardado $\frac{1}{10}$ de segundo en impresionar nuestra retina, tardará también igual tiempo en desaparecer su imagen, cuando desviamos de él la vista — de ahí la causa de la fugacidad física de las imágenes oculares.

Si la acumulación de las acciones luminosas hasta producirse la sensación completa de su intensidad durase un tiempo doble, triple, cuádruple, etc., el mismo tiempo tardaría en borrarse su imagen de nuestra retina; y entonces, después de apartada nuestra vista del objeto luminoso, le seguiríamos percibiendo físicamente durante esos mismos tiempos; pero su intensidad luminosa sería también doble, triple, cuádruple, etc. — y si esa acumulación pudiese producirse durante un segundo entero, la intensidad luminosa de la imagen ocular sería decuplicada — la luz de una vela tendría una intensidad comparable á una de nuestras actuales lamparitas comunes á incandescencia de luz eléctrica y la claridad del día no podría ser soportada por nuestra actual retina.

La substancia sensible de las placas fotográficas, posee en vez propiedades diferentes de las de la retina — puede acumular casi indefinidamente las acciones luminosas y conservar sus impresiones aun á través del tiempo.

Esta condición especial de la película fotográfica que constituye hoy un verdadero complemento auxiliar de la retina animal, es á la vez un precioso elemento que viene á enriquecer con nuevas aplicaciones prácticas el dilatado campo de la ciencia — ese cuadro mágico, creación sublime de la inteligencia humana — gráfica histo-

ria de su labor constante que representa á grandes pinceladas las maravillas del universo y cuyos horizontes se ensanchan siempre más á medida que las sucesivas generaciones se esfuerzan en completarle. Se obtiene con la placa sensible, imágenes perfectas del sol en $\frac{1}{100000}$ de segundo, espacio de tiempo tan pequeño que nuestros sentidos no alcanzan á apreciar — la imaginación, fantástica cual es, se niega á concebir — pero que los instrumentos que el hombre inventa y perfecciona constantemente, pueden valorar con extraordinaria exactitud. Y para formarse una idea más clara aún de la amplitud verdaderamente asombrosa que pueden abarcar las acciones luminosas que actúan sobre la fotografía, basta tener presente que, mientras el sol con sus quemantes rayos impresiona la placa sensible con rapidez fulmínea empleando *diez mil veces* menos tiempo que el que necesita para impresionar nuestra retina, tres horas ha requerido la bella nebulosa de Orión, y más del doble de este tiempo ha sido menester aguardar para que la débil luz de la lejana nube mayor de Magallanes deje impresa su huella indeleble sobre la misma sensible película, esto es, más de *dos mil quinientos millones de veces* el tiempo empleado por los rayos solares! Queda, pues, demostrado de una manera irrecusable la superioridad de la substancia fotográfica sobre el ojo

humano como elemento simpático á los rayos luminosos desde los más intensos hasta los que la vista apenas alcanza á distinguir concentrados en el foco del más potente antejo moderno — y si á esto agregamos que la película fotográfica que hoy se prepara es impresionada también por objetos que al ojo no le es dado, en manera alguna percibir, como lo demuestra las notables aplicaciones del profesor Röntgen, podemos afirmar, sin temor de exageración, que con los crecientes perfeccionamientos, las placas del porvenir serán sensibles no sólo para la escala de rayos simples capaces de excitar nuestra retina, sino también para los rayos oscuros que *indefinidamente* se extienden hacia ambos lados de los límites de la región que ocupan aquéllos, es decir, hacia las regiones denominadas *infrarojo* y *ultraviolado*, donde el ojo humano permanece impotente á la acción de los rayos que las forman. Con tan poderoso y extenso medio de investigación, se concibe fácilmente el enorme impulso que ha recibido la astronomía moderna en todas sus variadas ramas, y se prevé para esa grandiosa ciencia un futuro halagador.

TEORÍA SOBRE LA CONSTITUCIÓN SOLAR, DEDUCIDA DE LA FOTOGRAFÍA. — Desde luego, veamos lo que deduce Mr. Janssen de sus estudios sobre fotografía solar, efectuados en Meudon: «Las gran-

des imágenes solares obtenidas en estos últimos años en Meudon han revelado fenómenos sobre la superficie del astro, que no pueden presentarnos nuestros mayores instrumentos de observatorio, y que abren un campo nuevo á esta clase de estudios. Con su ayuda (de la fotografía) conocemos por fin, la verdadera forma de esos elementos de la fotosfera sobre los cuales se había emitido tantas afirmaciones diferentes y contradictorias. Esos elementos están constituidos por una materia fluida que obedece con facilidad á la acción de las fuerzas exteriores. En los puntos de calma relativa, la materia fotosférica toma formas que se aproximan más ó menos á la esfera, y el aspecto es el de una granulación general. Por el contrario, en todas las partes donde abundan corrientes y movimientos más violentos de materia, los elementos granulares son más ó menos alargados y toman aspectos que recuerdan la forma de los granos del arroz, de las hojas de sauce ó aun de verdaderos filamentos.»

«Pero esas regiones en que la fotosfera está más agitada, forman extensiones limitadas. En los intervalos, se observa más comúnmente la forma granular. Resulta de esta constitución particular, que la superficie del sol ofrece el aspecto de una red cuyas mallas estarían formadas por rosarios de granos más ó menos regu-

lares, mostrando en los intervalos cuerpos de forma alargada en todas direcciones.»

«Un estudio atento, conduce á dar una explicación muy simple de estos fenómenos.»

«La capa de materia luminosa á la cual debe el sol su poder radiante, es, como se sabe, muy delgada. Si esta capa estuviese en un estado de equilibrio perfecto, la materia fluida que la constituye, formaría una envoltura continua alrededor del núcleo solar; confundiéndose entre sí los elementos granulares, la superficie solar poseería en todas sus partes un resplandor uniforme. Pero las corrientes ascendentes de que son testimonio las erupciones de vapores metálicos y las protuberancias hidrogenadas, rasgan en gran número de sitios la capa fluida que tiende á formarse, dividiéndola en fragmentos más ó menos considerables. Allí donde las fuerzas perturbadoras dejan á esos elementos fotosféricos en un estado de reposo relativo, toman una forma globular más ó menos pronunciada. Al contrario, en los puntos donde las corrientes ascendentes tienen su asiento, esos elementos prueban por su aspecto, la violencia de las acciones á que están sometidas. De ahí las formas tan variables de los elementos fotosféricos, sobre los que tanto se ha discutido — y de ahí también la explicación de esa estructura reticular de la superficie del sol, que acaba de revelar la fotografía.»

«Esas imágenes demuestran también la enorme diferencia que existe entre el poder luminoso de esos elementos de la fotosfera y el medio en que flotan, el que posee un aspecto obscuro comparado con ellos. Resulta de semejante constitución que, según el número y resplandor de esos elementos, el poder radiante del sol será afectado en idéntica proporción. Las manchas no pueden luego ser consideradas ya como el elemento principal de las variaciones que puede experimentar la radiación solar: es preciso, pues, agregarle este nuevo factor, cuya acción puede ser preponderante.»

«Esas fotografías permiten, además, un estudio que promete resultados de una importancia extrema: entiendo hablar de los movimientos que toman los elementos granulares bajo la acción de fuerzas que revolucionan la capa fotosférica. Para estudiar esos movimientos, se toma á intervalos muy cortos, por medio del *revolver fotográfico*, imágenes sucesivas de un mismo punto de la superficie solar. La comparación de esas imágenes prueba, en efecto, que la materia fotosférica está animada de movimientos de una violencia tal, que los fenómenos terrestres no pueden dar sino una idea muy vaga.»

FOTOGRAFÍA ESTELAR.—En 1869, el profesor Alexandre obtuvo con un instrumento de obje-

tivo *acromatizado* para los rayos químicos las primeras imágenes bien definidas de la corona solar, y por su parte el célebre Drapper obtuvo en 1871 por medio de la fotografía, la imagen neta del espectro luminoso de la estrella Vega con cuatro de sus rayas claramente visibles. Mr. Gould, fundador del observatorio de Córdoba, efectuó á su vez, desde 1870 á 1882, numerosas fotografías de estrellas dobles y de los principales grupos estelares del cielo austral, en las cuales reveláronse estrellas hasta de 11^a magnitud.

No obstante los grandes progresos alcanzados por medio de la fotografía en el estudio físico de los astros, los astrónomos continuaron sus investigaciones hasta obtener de tan útil procedimiento, mayores y más importantes ventajas prácticas aplicándole á la astronomía matemática, rama que se ocupa de la determinación constante de las posiciones de los astros en el espacio, para conseguir determinar con una exactitud extrema la forma de sus órbitas, la clase de movimiento y llegar por fin á determinar los cambios que, con el transcurso de los siglos, sobrevienen en el complicado y al parecer inextricable mecanismo del universo.

Obedeciendo á ese laudable propósito, los astrónomos emplearon la fotografía en el paso de Venus por el sol (1874) y en la reproducción del mismo fenómeno en 1882. Más tarde, la inven-

ción del colodión seco, que permite prolongar el tiempo de exposición y aplicarle por consiguiente á la determinación de imágenes de los astros de luz intensa—y luego el descubrimiento de la *gelatino-bromuro* que comunica tanta sensibilidad á las placas, contribuyeron á simplificar no poco las operaciones fotográficas, dando cada día mayor importancia y amplitud á esta nueva rama de la astronomía práctica. Y, en efecto, los trabajos de Drapper (1881), los de Gillis, director entonces del observatorio de Buena Esperanza (1882), de Common (1883) — especialmente los del notable Pickering, que obtuvo óptimos resultados en sus trabajos fotométricos de las estrellas — y Pritchard, de Oxford, quien en 1886 aplicó la fotografía al problema más delicado de la astronomía: el de la determinación de la paralaje anual de las estrellas, cuyos resultados deben servir á la deducción de sus respectivas distancias á la tierra. Desde 1857, Warren de la Rue, entusiasmado por sus hermosas pruebas fotográficas de la luna, había predicho la posibilidad de emplear ese procedimiento á la confección de una carta estelar completa; y las notables fotografías del gran cometa de 1882, que Gillis había efectuado y en las cuales aparecían detrás de la cabellera del luminoso astro, pequeñas estrellas de 9^a magnitud, vinieron á confirmar en la mente de los astrónomos tal po-

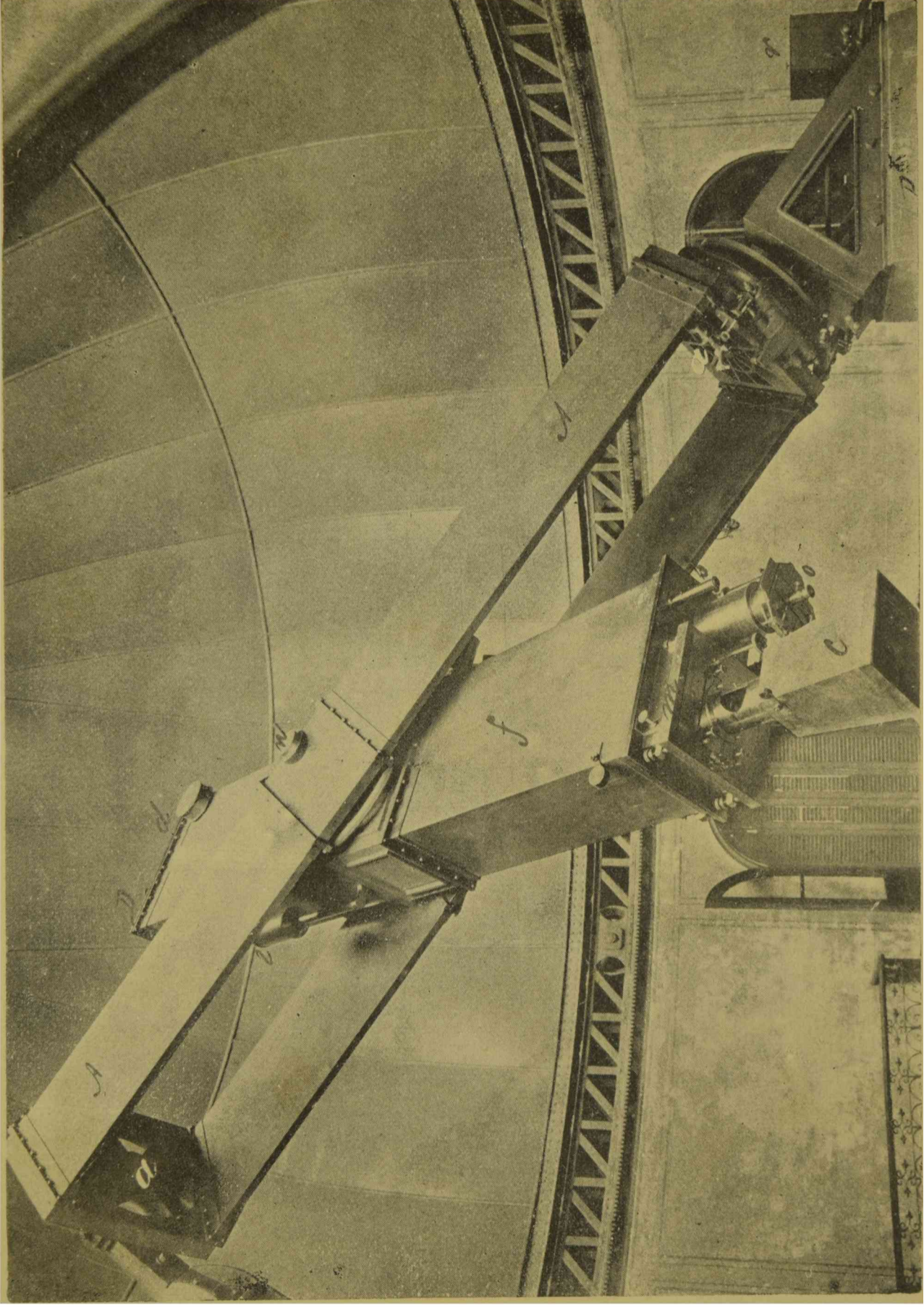
sibilidad, y á dirigir sus vistas hacia la realización de tan magna obra.

Los hermanos Henry (Próspero y Pablo), astrónomos del observatorio de París, continuando en 1871 la obra empezada por Chacornac, que consistía en levantar la carta de toda la faja de cinco grados de anchura llamada del zodiaco por los métodos ordinarios de observación, halláronse con tan espesos grupos de estrellas de 13^a y 14^a magnitud, que les fué imposible orientarse y proseguir con tales resistencias. Dotados no obstante ambos hermanos de grande inteligencia y de aptitudes que si bien eran algo diferentes se armonizaban para formar juntos verdaderos campeones del arte delicado de la óptica, construyeron como ensayo un objetivo de 16 centímetros acromatizado para los rayos químicos, con el cual, adaptado provisoriamente á uno de los ecuatoriales del observatorio, obtuvieron, en Junio de 1884, una espléndida fotografía de una porción de la vía láctea, que dejó sorprendido al almirante Mouchez, á la sazón director del observatorio de París. A propuesta de los hermanos Henry, fué mandado construir inmediatamente un ecuatorial fotográfico, encargándose estos últimos de la parte óptica y la renombrada casa Gautier de la mecánica.

ECUATORIAL ASTRO-FOTOGRAFICO INTERNACIONAL.
— Dicho instrumento, modelo de perfección en su conjunto entre los construídos hasta esa época, fué instalado en Mayo de 1885.

Constituyen sus partes principales: un tubo metálico f á sección rectangular, de 37 por 68 centímetros, el cual contiene dispuestos paralelamente el anteojo fotográfico propiamente dicho CD , de 33 centímetros de abertura y 3^m43 de distancia focal y el *buscador* ó *anteojo-mira* (od), de 24 centímetros de abertura y 3^m60 de distancia focal, separados el uno del otro por una delgada lámina metálica. Ambos objetivos D y d , el del *anteojo-mira* y el del fotográfico se hallan fijos en una misma extremidad del tubo común, en un marco de bronce—mientras que en la extremidad opuesta se adapta respectivamente el ocular o del *buscador* y el *chassis* que debe contener, ya sea el vidrio despulido sobre el cual se enfoca la imagen del astro, ya la propia placa fotográfica.

El eje central del tubo ó *eje de declinación* (nn), gira con extrema facilidad dentro de una armadura formada por dos planchas de acero A á sección triangular, reunidas ambas en sus extremos, por dos plataformas a , una de las cuales, la superior, construída de enrejado, á fin de permitir la observación de las estrellas que describen pequeños círculos alrededor del polo elevado. Sobre



Ecuatorial astrofotográfico Henry, del Observatorio La Plata

dos sólidos pilares *P* de mampostería cuyos cimientos han sido fundados sobre un subsuelo muy resistente, reposa por sus extremidades el eje de todo el sistema que por medio de una serie de rectificaciones, tanto en el sentido de la latitud como en el de la longitud del lugar, se consigue hacer coincidir exactamente con el *eje polar* ó *eje del mundo*. Semejante disposición, conocido con el nombre de sistema inglés, permite observar un astro en cualquier posición del horizonte, sin necesidad de invertir todo el antejo, como se hace en los ecuatoriales comunes.

Este instrumento se halla provisto, como los demás ecuatoriales, de un *círculo horario* y un *círculo de declinación*. El primero, de 60 centímetros de diámetro, encuéntrase en la extremidad inferior de la armadura — está dividido en horas y minutos, y posee también dos *nonius* que dan directamente una lectura de cuatro segundos de tiempo. El segundo círculo, de 74 centímetros de diámetro, cuyos *nonius* marcan los diez minutos de arco, pudiéndose, sin embargo, apreciar el minuto con suficiente aproximación, hállase dispuesto de modo tal, que su centro es atravesado por el *eje de declinación* ya nombrado; y la graduación se lee cómodamente por reflexión por medio de un ocular especial situado al lado del que corresponde al *colimador* ó *antejo-mira*.

Una lámpara á suspensión cardánica se encarga de iluminar á la vez el círculo de declinación y el campo del *colimador*.

El ecuatorial astrofotográfico del Observatorio de La Plata posee el aparato motor de relojería *r* colocado en el pilar norte. Dicho aparato obliga al anteojo á girar alrededor de su eje polar en el mismo sentido que el movimiento diurno aparente y con igual velocidad angular, de tal modo á poder seguir con exactitud matemática el astro que se desea fotografiar. Para el caso probable en que el aparato de relojería adelantase positiva ó negativamente, existe al alcance del tacto del astrónomo, el cual no debe descuidar el *colimador*, los correspondientes tornillos de tangencia, por medio de los cuales puede con facilidad mantener constantemente el eje óptico del anteojo sobre el punto determinado del cielo.

En el anteojo astrofotográfico instalado en Febrero de 1902 en el Observatorio Nacional de Córdoba, la casa constructora ha agregado un dispositivo eléctrico, por cuyo intermedio, la péndula astronómica del observatorio, se encarga de mantener automáticamente la debida regularidad en la marcha del aparato motor de relojería.

El objetivo fotográfico está formado por dos lentes, una de *flint* y la otra de *crown* acroma-

tizadas para los rayos químicos y aplanéticas ⁽¹⁾ para esos mismos rayos.

El ocular del *colimador* lleva un retículo á doble hilo, de ascensión recta el uno y de declinación el otro siendo por tanto normales entre sí—el campo ⁽²⁾ de dicho anteojo, es de 20 minutos de arco próximamente. El *colimador* se halla provisto á su vez de un *buscador* cuyo objetivo tiene 37 milímetros de abertura —el retículo del ocular del *buscador*, formado por dos pares de hilos paralelos á ángulo recto, da lugar á un cuadrado central que mide la amplitud del campo del *colimador*; y todo el campo tiene una abertura de dos grados, correspondiente á la del objetivo fotográfico.

El *chassis* fotográfico, el cual, después del objetivo constituye la parte más importante del instrumento, se introduce en un marco de bronce *m* solidario á un tubo de sección cuadrada, susceptible de deslizarse en el fondo del ecuatorial fotográfico por medio de una rosca de un milímetro de paso, á cuyo impulso el tubo puede entrar ó salir dentro del fondo á voluntad—la cabeza de la rosca está dividida en veinte partes á fin de disponer con toda precisión el *chassis*

⁽¹⁾ Combinando convenientemente los rayos de curvatura de ambas lentes, se llega á suprimir el fenómeno conocido en *óptica* con el nombre de *aberración de esfericidad* que consiste en la pluralidad de focos principales producidos por una lente.

⁽²⁾ Se llama *campo* de un anteojo, el mayor diámetro aparente de un objeto visto á través de un anteojo.

en el foco químico del objetivo. Otros cuatro tornillos colocados respectivamente en los cuatro vértices del marco, sirven para conseguir la exacta posición del *chassis* respecto del eje óptico del objetivo.

La placa fotográfica descansa dentro del *chassis* sobre cuatro laminillas flexibles de plata que forman un plano perfecto — el tubo del anteojo astrofotográfico, en cuyo fondo está fijado el *chassis*, lleva un obturador especial, formado por una lámina de palastro ennegrecida. Finalmente, forma parte del instrumento descrito, la *cámara de ampliación* (c) por medio de la cual puede fotografiarse los cuerpos celestes de dimensiones finitas — dicha cámara se adapta en lugar del *chassis* y puede contener en su fondo una placa fotográfica de 18 por 24 centímetros de lado.

CATÁLOGO Y CARTA FOTOGRÁFICOS UNIVERSAL.— Asegurado definitivamente el triunfo obtenido por los hermanos Henry con su notable ecuatorial fotográfico, Mr. Mouchez, director entonces del Observatorio de París, pidió y obtuvo de la Academia de Ciencias, que dicha corporación tomara bajo su alto patrocinio el proyecto de ejecutar la gran carta del cielo con el apoyo y concurso de los principales observatorios del globo.

En 1887 tuvo lugar en París el primer con-

greso astrofotográfico, al que acudieron representantes ilustres de todos los países civilizados. Se discutió ampliamente los preliminares de la gran operación astronómica universal, y se adjudicó á cada observatorio la zona del cielo en que debía operar. Quedó también establecido que todos los observatorios que tomaran parte en la citada obra adquiriesen el mismo tipo de instrumentos, á fin de que las circunstancias de la observación fuesen lo más uniformes posible.

En 1889 y 1891 reunióse nuevamente el congreso en la misma ciudad, y allí pudo resolverse las distintas dificultades que en cada punto habíase presentado durante los trabajos ya en principio. La obra en general debía comprender dos partes: la formación de un catálogo de estrellas y la construcción de una carta del cielo.

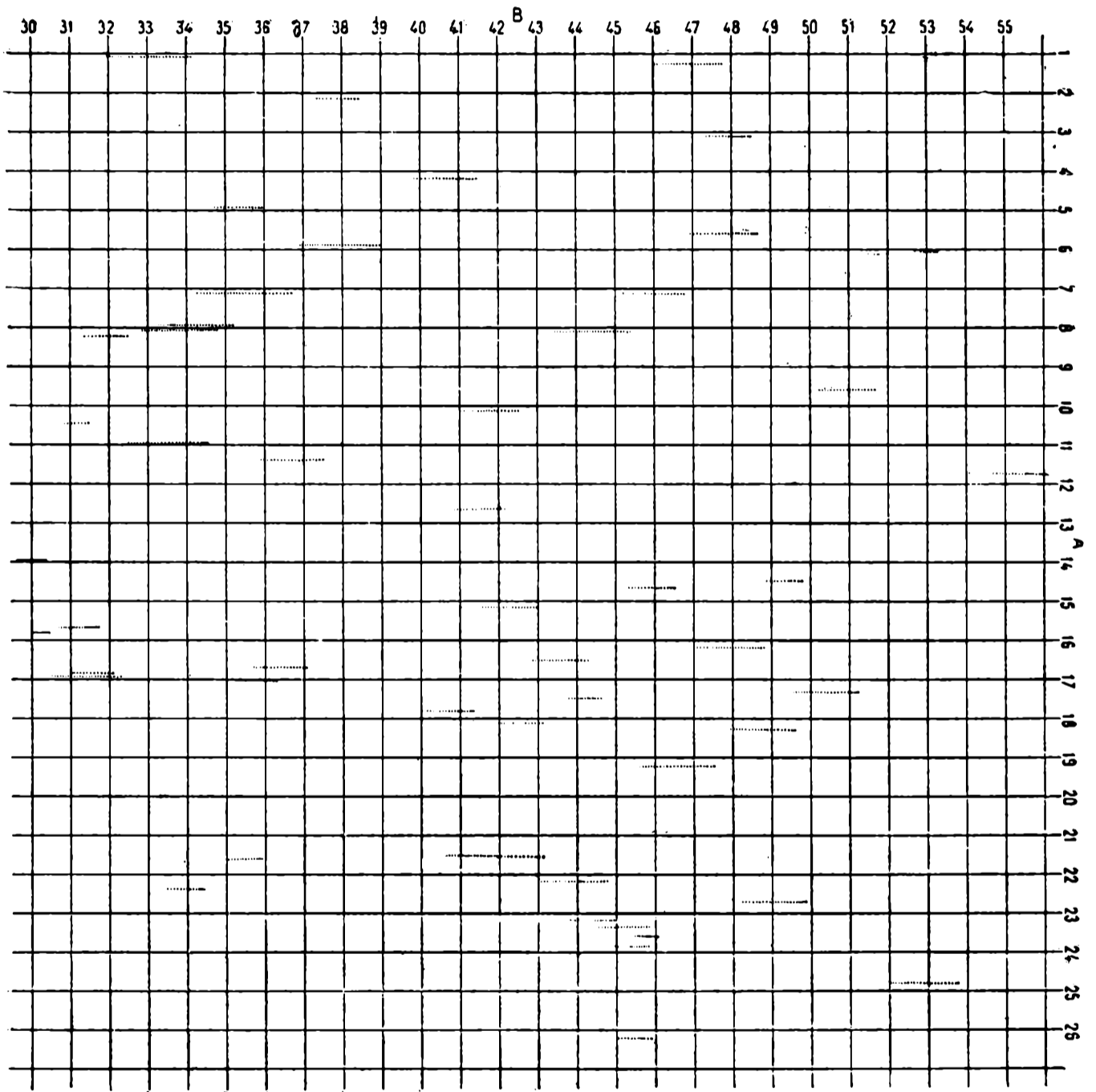
El *catálogo* lo constituyen todas las estrellas hasta la 11^a magnitud mientras que en la *carta* figurarán hasta las de 14^a magnitud. Las dos series de fotografías, tanto las de la *carta* como las del *catálogo* deben ser hechas sobre placas de cristal perfectamente planas, habiéndose convenido en que la magnitud de dichas placas fuese representada por un cuadrado de 16 centímetros de lado.

Desde las primeras reuniones del comité permanente para la carta fotoestelar se estableció las dimensiones de los objetivos, su distancia

focal, y el ángulo que deben abarcar, limitando el que se debía utilizar para la fotografía. El área útil de cada placa fotográfica ha sido fijada en un cuadrado de 120 milímetros de lado.

Debiéndose medir sobre las imágenes obtenidas las distancias estelares relativas determinando la posición individual que ocupan los astros en la esfera celeste, hay que fijar en cada placa ciertos puntos de referencia—para conseguir la realización de ese requisito así como para facilitar en mayor grado las operaciones de medida, se convino que cada placa, antes de ser expuesta á las regiones estelares debía recibir la impresión de un reticulado especial compuesto de líneas ortogonales en el sentido de la ascensión recta y en el de la declinación, distantes entre sí de 5 milímetros y comprendidas en un cuadrado de 130 milímetros de lado, es decir, 10 milímetros más largo del requerido—y esos 5 milímetros restantes del contorno, sirven para tener en las fotografías varios puntos de comparación comunes, indispensables en las operaciones de medidas.

IMPRESIÓN DEL RETICULADO.—Aunque teóricamente se concibe con poco esfuerzo el método á emplearse en la impresión previa del reticulado sobre las placas á usarse en la fotografía, no obstante, en lo que respecta á la realización prác-



Reticulado de las placas fotográficas antes de su exposición á las zonas estelares

tica de tal operación ha habido sus serias dificultades, dando lugar los varios métodos usados á largas y acaloradas discusiones.

Constituyendo el reticulado un sistema de líneas transparentes sobre una placa de cristal convertida en espejo por el plateado de una de sus superficies, los rayos luminosos que inciden por un lado á dicha placa, dejan percibir del otro el reticulado en líneas luminosas. Contendida esa placa especial dentro de un marco metálico apropiado, colócase en él también la placa fotográfica con la superficie sensible vuelta hacia el reticulado, de la cual permanece á una distancia de 3 décimos de milímetro. Sin embargo, el hecho de no ser posible un contacto perfecto de ambas superficies, obliga para lograr una nítida impresión de las líneas, que la luz artificial usada sea proyectada en un haz de rayos paralelos; lo cual se consigue con suficiente aproximación, exponiendo la *placa-retículo* á la luz de una lámpara de gas acetileno situada á 8 ó 9 metros de distancia y cuyos rayos atraviesan antes un pequeñísimo orificio.

Siendo la luz eléctrica de tan fácil manejo, creemos que daría excelentes resultados el empleo de la moderna lámpara *Nernst* á incandescencia, tanto por la notable potencia de luz blanca, cuanto por su perfecta fijeza.

Impreso el reticulado sobre la placa sensible,

colócase ésta en el *chassis* fotográfico y como tanto el que sirvió para colocar la *placa-retículo* como el del ecuatorial se corresponden exactamente, quedará la placa fotográfica ya reticulada, en condiciones de orientación apropiadas para exponerla á la región del cielo que se desee.

Aunque el tiempo de exposición de la placa sensible previamente reticulada depende en parte de las circunstancias atmosféricas del lugar en que se opera, puede fijarse con bastante aproximación en 5 minutos el necesario para los negativos de las estrellas pertenecientes al *catálogo*, tiempo que iguala al requerido para obtener las de 11^a magnitud; mientras que para conseguir los negativos de la *carta* que, como hemos dicho, comprende hasta las estrellas de 14^a magnitud, es preciso prolongar el tiempo de exposición hasta una hora.

PROCEDIMIENTOS PRÁCTICOS PARA LA FOTOGRAFÍA ESTELAR. — Habiéndose dado el caso de registrarse en los negativos ciertos puntos claros, simples defectos de las placas, pero susceptibles de ser confundidos con estrellas, se resolvió primeramente hacer sobre la misma placa dos exposiciones en vez de una sola, debiendo emplearse en la segunda exposición la mitad del tiempo requerido por la primera, y eso después de haber dislocado la placa de 2 ó 3 décimos de mi-

límetros en el sentido de la ascensión recta ó de la declinación, de tal modo que cada imagen de estrella poseyera á su lado una señal que sirviese como testimonio de su autenticidad. Más tarde, en la conferencia que tuvo lugar en 1896, el Comité permanente del Congreso de la Carta fotográfica del cielo modificó el primer método, estableciendo que en lugar de la *posa* de una hora para las placas que debían registrar las estrellas hasta la 14^a magnitud se hiciera tres *posas* de treinta minutos cada una, de tal modo que, al pasar de la una á la otra se disloca el anteojo apenas de unos 4 á 5 segundos de arco, operación que permite obtener tres imágenes de una misma estrella formando un pequeñísimo triángulo equilátero, que jamás podrá confundirse con cualquiera otra imagen resultado de algún defecto de la placa.

DIVISIÓN DE LA FOTOGRAFÍA ESTELAR EN ZONAS.

—La repartición de la esfera celeste entre los diversos observatorios del mundo que se adhirieron á la realización de la fotografía, se hizo por zonas limitadas por paralelos. En ambas series, las del *catálogo* y las de la *carta*, cada fotografía debe distar de la siguiente inmediata de dos grados en el sentido de la declinación, y de 16 minutos en el sentido de la ascensión recta; habiéndose convenido además que el centro de

las fotografías de una de las dos series debe corresponder con el extremo de las fotografías de la otra; y que mientras la serie de imágenes de la *carta* procedería por grados pares de declinación, por los impares se sucederían las del *catálogo*, debiendo orientarse los centros de las fotografías en ambas series según el equinoccio de 1900.

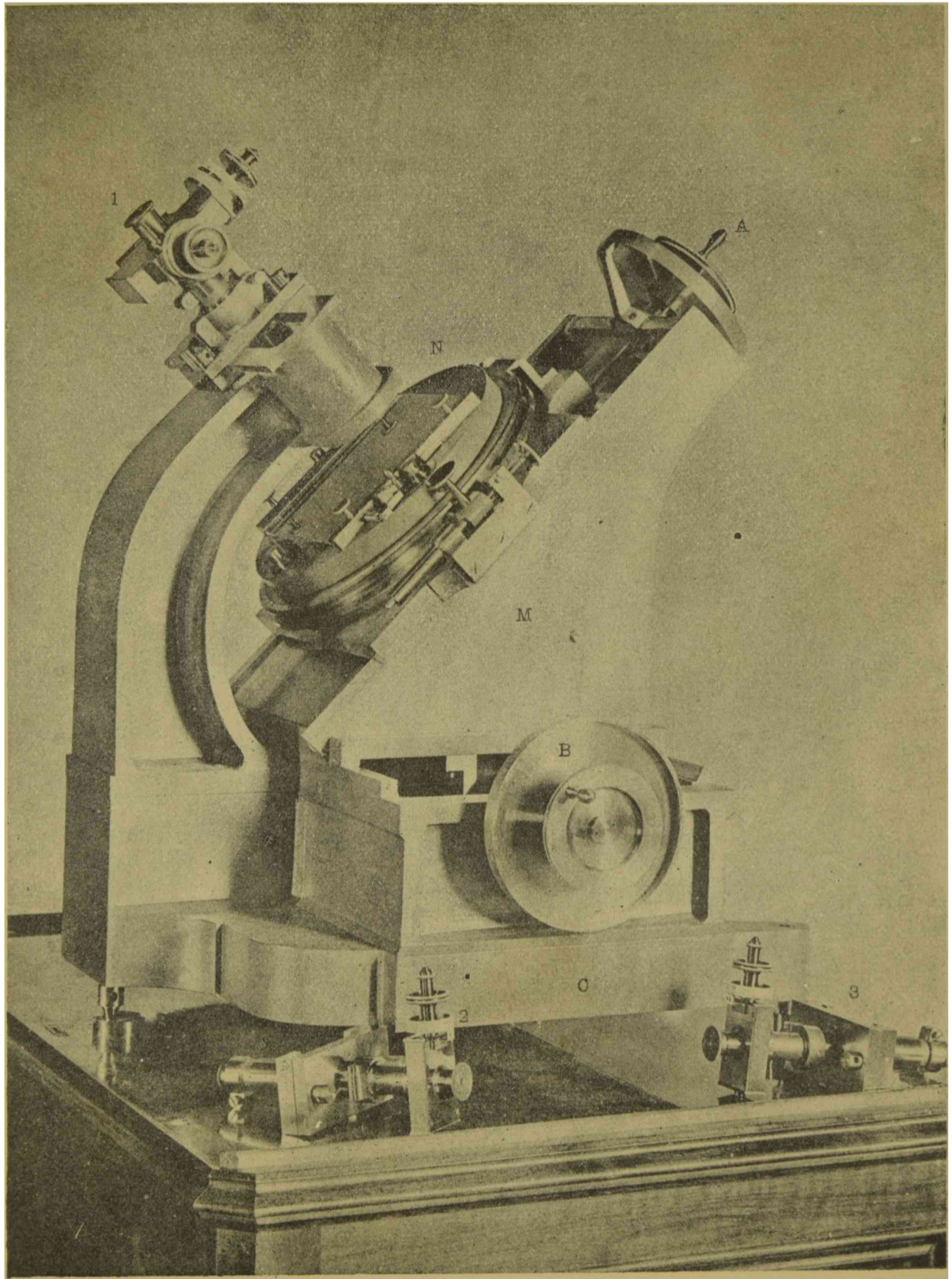
Se comprenderá por lo que antecede, la importancia que tiene la exacta determinación de la posición del centro de las placas fotográficas. Será preciso, pues, para pasar sin dificultad de una placa á la otra, tener en cada una de ellas una estrella guía, cuya posición ó cuyas coordenadas micrométricas respecto al centro de la placa será menester conocer con extremada precisión, á fin de poderse mover el instrumento lo necesario para que las placas sucesivas puedan ubicarse convenientemente, manteniéndose en tales posiciones respectivas durante el tiempo que dura la exposición. A este último objeto se destina el *colimador*, que, como ya lo hemos significado, deberá vigilarse constantemente durante cada *posa*.

La determinación de las estrellas *guías* fué confiada á una comisión especial, la cual se encarga de transmitir á cada observatorio interesado en la gran obra, el correspondiente *catálogo* de las estrellas requeridas para la zona que respectivamente les incumbe.

MACROMICRÓMETRO, SU DESCRIPCIÓN. — El *macromicrómetro* es un instrumento de gran precisión, que sirve para medir sobre las placas fotográficas las distancias relativas de las estrellas, así como su respectiva posición, respecto de las estrellas *guías*. En sus partes esenciales consta de un pie macizo *C* de hierro fundido, sostenido por tornillos niveladores, y sobre el cual se levanta una columna curva destinada á soportar uno ó varios microscopios corredizos dentro de un mango de hierro.

Sobre un resalto practicado en el pie, hállanse dos guías de acero sobre las cuales corre, en forma de carrito, una masa *M* á sección triangular cuya cara principal inclinada de 45° se destina á sostener el *plato* ó *disco* metálico sobre el cual debe apoyarse el cliché que se va á medir. Siendo el porta-placas *N* susceptible de moverse sobre guías especiales en el plano inclinado, se ve fácilmente, por la simple inspección de la lámina correspondiente, que, permaneciendo invariable el eje del microscopio *r*, la medida de las coordenadas ortogonales de la placa fotográfica en ascensión recta y en declinación, se obtiene, haciendo mover sobre sus respectivas guías, ya sea el *carrito* por medio del tornillo *B*, ya sea el disco metálico por medio del tornillo *A* según el caso. La medida del transporte de estas pie-

zas es dada por dos tornillos de un milímetro de paso y de una longitud de 20 centímetros. Aunque la circunferencia de la cabeza de los tornillos se halla dividida en 300 partes, puede estimarse perfectamente la mitad de cada una de ellas; de modo que puede considerarse la cabeza dividida en realidad en 600 partes. Relacionando convenientemente la unidad de medida del *macromicrómetro* con la longitud focal del ecuatorial fotográfico que es de $3^m,43$, se halla que una desviación de $1'$ en el ecuatorial, se traduce en el cliché por un trazo de un milímetro próximamente; y que el valor de la unidad de medida corresponde á $0'',1$ y en longitud lineal á $0^{mm},00166$. La medida del transporte tanto del *carrito* como del disco, se facilita por medio de una escala lateral dividida en milímetros, y que sirve para contar el número de las vueltas de los tornillos *A* y *B*. También se mide con el *macromicrómetro* el *ángulo de posición* de dos estrellas cualesquiera, es decir, el ángulo formado por la línea de los centros de ambos astros y la dirección del movimiento diurno. Para medir el ángulo de posición de un par de estrellas es preciso ante todo que haya en la placa fotográfica una repetición de imágenes, con el fin de conocer exactamente la dirección del movimiento diurno y poder orientar según esta última dirección, el 0 de la graduación del círculo



Macromicrometro

del disco; haciendo girar luego el disco con el *porta-placas* hasta encontrar la estrella gemela, se obtendrá indicados por la perifería del círculo la medida del ángulo de posición de la línea de los centros.

La parte óptica del instrumento, consta de tres microscopios: uno ordinario y los otros auxiliares. El ordinario, número 1, tiene la cabeza del micrómetro dividida en partes centesimales; la unidad de medida representa exactamente el minuto y posee dos tambores para los movimientos ortogonales. Los microscopios auxiliares son dos: número 2 y número 3, destinados, por su poder de aumento, á la medida de los diámetros de las estrellas. Podemos decir pues, que si el ecuatorial astrofotográfico nos da directamente y empleando un tiempo por demás corto, la región fotografiada de las estrellas á medirse, el macromicrómetro completa esa delicada operación, proporcionándonos con asombrosa exactitud las variadas distancias estelares.

MAGNITUD FOTOGRAFICA DE LAS ESTRELLAS. —

La magnitud fotográfica de las estrellas no está de acuerdo en general con la magnitud visual que ya hemos analizado al principio de esta obra. En efecto; sea por la variabilidad relativa del tiempo de exposición de la placa, sea por la

diversidad de colores de las estrellas cuyos rayos simples dominantes en cada una de ellas impresionan respectivamente la substancia fotográfica de un modo especial, no se ha podido llegar á identificar completamente las magnitudes en ambos sistemas. Se ha intentado, sin embargo, fijar las magnitudes fotográficas por las relaciones de los tiempos de exposición necesarios para obtener las imágenes de las diversas estrellas, y también por el diámetro de las imágenes obtenidas en un mismo tiempo sobre un mismo cliché.



Observatorio Lick, sobre el Monte Hamilton (California) Estados Unidos de América del Norte

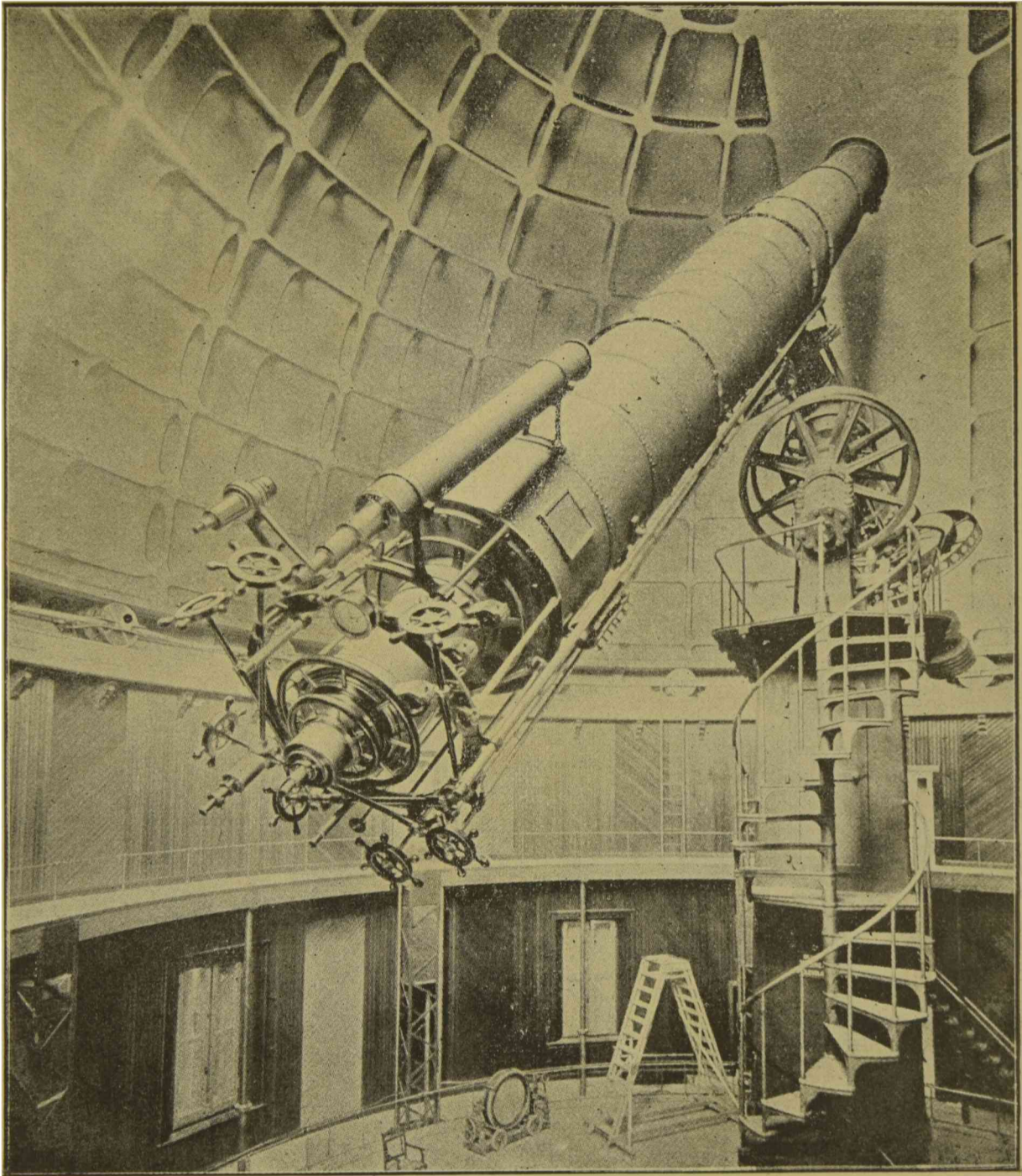
APÉNDICE

Otros refractores importantes

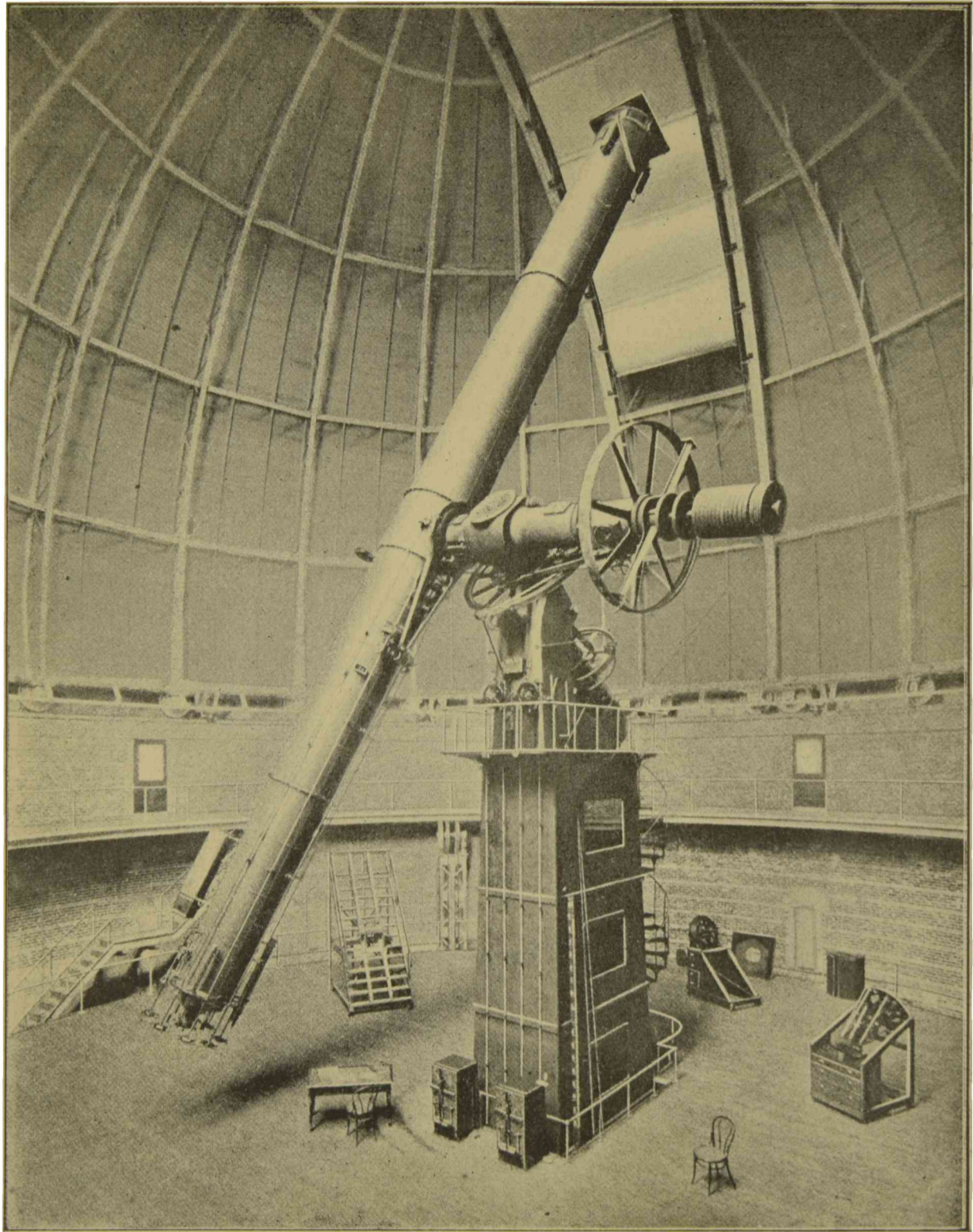
ECUATORIALES DE LICK Y DE YERKES; GRAN REFRACTOR DE LA EXPOSICIÓN DE PARIS DE 1900. — Aunque al hablar de los refractores en general hemos indicado el rol que desempeñan los objetivos en un anteojo astronómico, agregaremos aquí que del objetivo depende, en gran parte, el esplendor con que puede verse una imagen, la potencia luminosa y el grado de penetración visual de un anteojo; y, si se analiza más detenidamente la acción del objetivo, se deduce también que de él depende la posibilidad de aumentar el poder magnificador de un instrumento óptico. En tal concepto, si al siglo XVIII se debe la aplicación de las dos lentes de *crown* y *flint*—la primera formada de un silicato mixto de potasa, soda y cal, y la segunda á base de silicato de potasa y plomo—que reunidas convenientemente dan lugar á la lente acromatizada para los rayos ópticos; al siglo XIX se debe el perfeccionamiento progresivo en la fabricación de esas poderosas lentes, no sólo bajo el punto de vista del tamaño, que como sabemos se ha

progresado bastante, sino también respecto de sus densidades, del variado poder refringente y dispersivo, etc. Al célebre P. L. Guinand, á quien se atribuye, con justicia, el haber perfeccionado á partir de 1748 el arte de fundir los vidrios aplicada á la óptica, siguieron los Feil en París; los Chauce en Birmingham; los Schott y C^a de Jena, fábrica famosa, sobre todo por la dimensión de los vidrios fundidos en sus talleres. Al notable Fraunhofer, el primero que consiguiera precisar los confines hasta entonces confusos de los rayos simples del espectro, continuaron en el siglo XIX, con tanta razón apellidado de las luces, los Merz y los Steinheil en Múnaco; Splössl en Viena; Alvan y Alvan Graham Clark en Boston (E. U.); Cook en Bishop Hill (Yorkshire); los Grubb en Dublin; los Salmoiraghi, continuadores de los nombres gloriosos de Amici y Porro, en Milan (Italia); los hermanos Henry de París, los ilustres inventores del ecuatorial astrofotográfico que lleva su nombre, y del cual hemos hablado en otra parte de esta obra; y, por fin, la casa Carl Bamberg de Berlin, cuyos trabajos están llamando hoy con justicia la atención de los técnicos.

Respecto de las dimensiones de sus objetivos, los anteojos construídos durante la primera mitad del siglo XIX no presentan gran interés — fué recién en 1862 cuando Alvan Clark cons-



Gran refractor ecuatorial del Observatorio Lick (California)
Estados Unidos de América del Norte

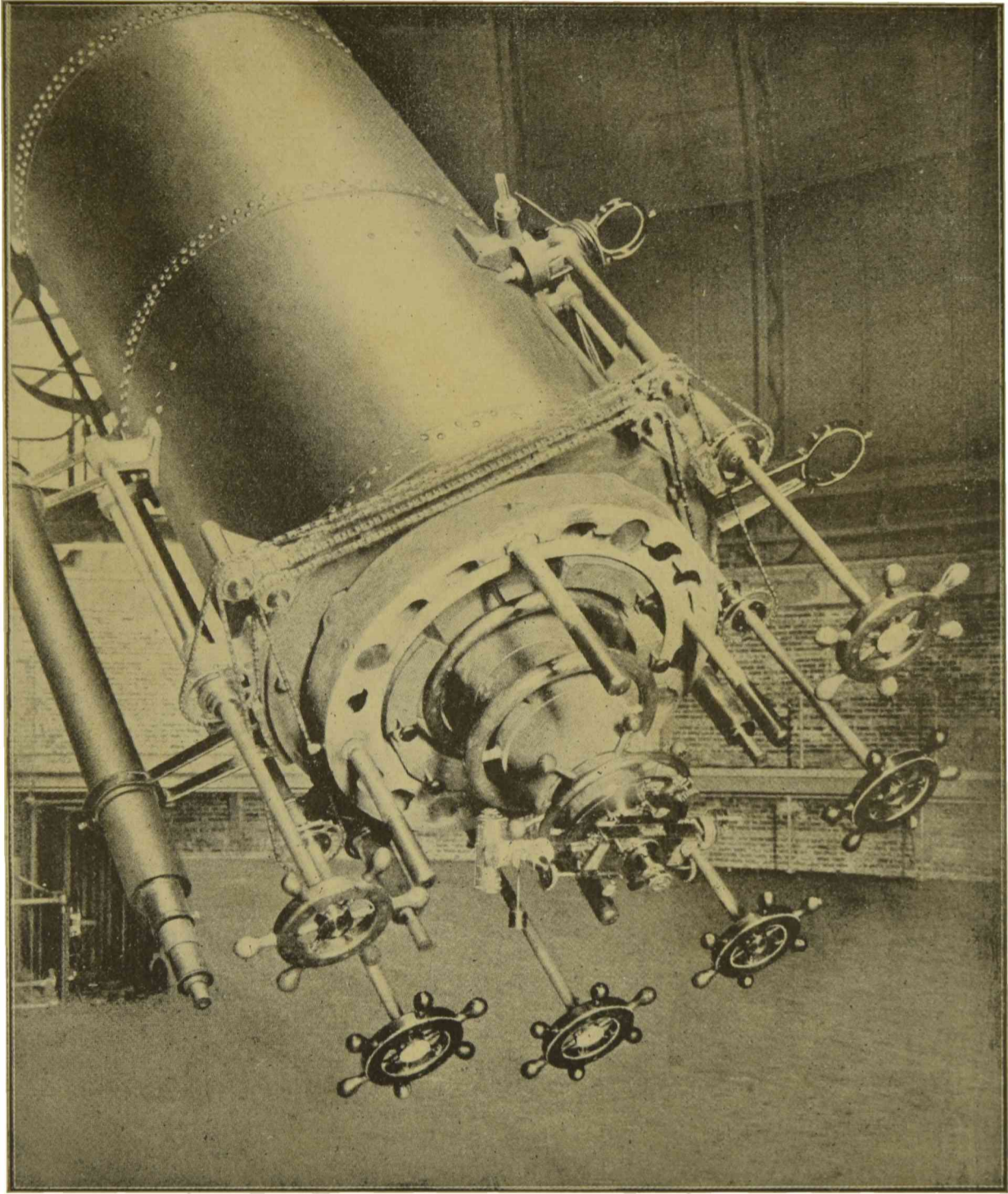


Gran refractor ecuatorial del Observatorio Yerkes
Estados Unidos de América del Norte

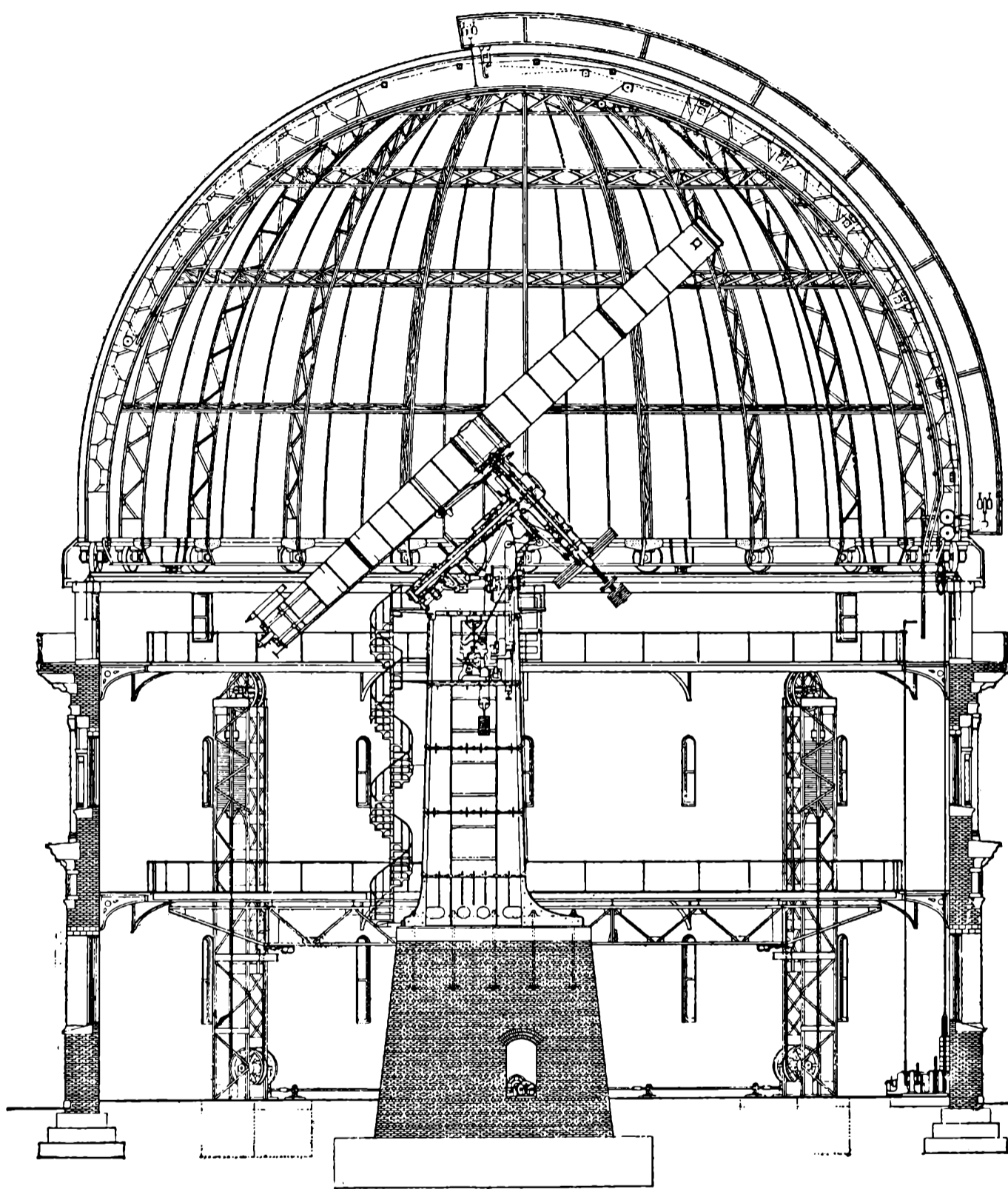
truyó para el observatorio Dearbon de Chicago un anteojo cuyo objetivo tenía 47 centímetros de diámetro y 7 metros de distancia focal, y con cuyo instrumento descubrióse un pequeño satélite de *Sirio*.

Establecióse con esto un provechoso estímulo entre americanos é ingleses, al que puede considerarse como la base de los extraordinarios progresos llevados á cabo en la construcción de anteojos astronómicos durante el resto del siglo pasado. En efecto, estimulado Cooke por el acaudalado Newal de Gateshead construyó en 1868, para el observatorio de esta ciudad de Inglaterra, un anteojo de 63,5 centímetros de abertura y 9 metros de largo que resultó perfecto; y fué entonces que el director del Observatorio de Washington ordenó á Alvan Clark la construcción de otro anteojo cuyo objetivo sobrepasase, si fuera posible, las dimensiones del anterior, lo cual fué cumplido por el notable constructor yankee quien confeccionó un anteojo de 66 centímetros de abertura y 10 metros de distancia focal, que terminó en 1873 y con el cual se descubrió los satélites de Marte. El gobierno de Austria, que á la sazón ordenaba construir en Viena el hermoso observatorio que hoy ostenta con orgullo esa ciudad europea, encargó al artista Grubb un anteojo que éste entregaba en 1883, de 68,5 centímetros de abertura

y 10,5 metros de longitud. Más tarde, Alvan Clark entregaba otro de 76 centímetros de abertura y 13 metros de longitud al director del observatorio de Púlkowa (Rusia), y los hermanos Henry concluían sucesivamente uno de 73,5 centímetros de diámetro y 15 metros de largo, para el observatorio de París y otro que el millonario Bischoffsheim encargó para el observatorio de Niza que acababa de fundar, antejo cuyo objetivo tenía 76 centímetros de diámetro y 18 metro de distancia focal. Los talleres americanos de Alvan Clark no permanecieron por mucho tiempo inactivos; y en efecto, muy pronto, cumpliendo un encargo del millonario Lick, entregaron para el novel observatorio que este ilustre *Mecenas* hacía construir en la cumbre del monte Hamilton, en California, un ecuatorial de 17,22 metros de largo, con un objetivo de 91,5 centímetros de diámetro; y al otro acaudalado Mr. Yerkes, otro ecuatorial de 1^m016 de abertura por 19 metros de distancia focal! Es este, por hoy, el antejo más grande del mundo; las dos lentes, crown y flint unidas, constituyen el objetivo acromatizado para los rayos luminosos y químicos; pesan ambas juntas 136 kilogramos y en vez de hallarse adheridas la una contra la otra, se han colocado cada una en su correspondiente anillo metálico, y á una distancia de 21,27 centímetros, de donde el objetivo



Ocular del gran refractor ecuatorial del Observatorio Yerkes



Cúpula con pavimento levadizo
que contiene el gran refractor ecuatorial del Observatorio Yerkes

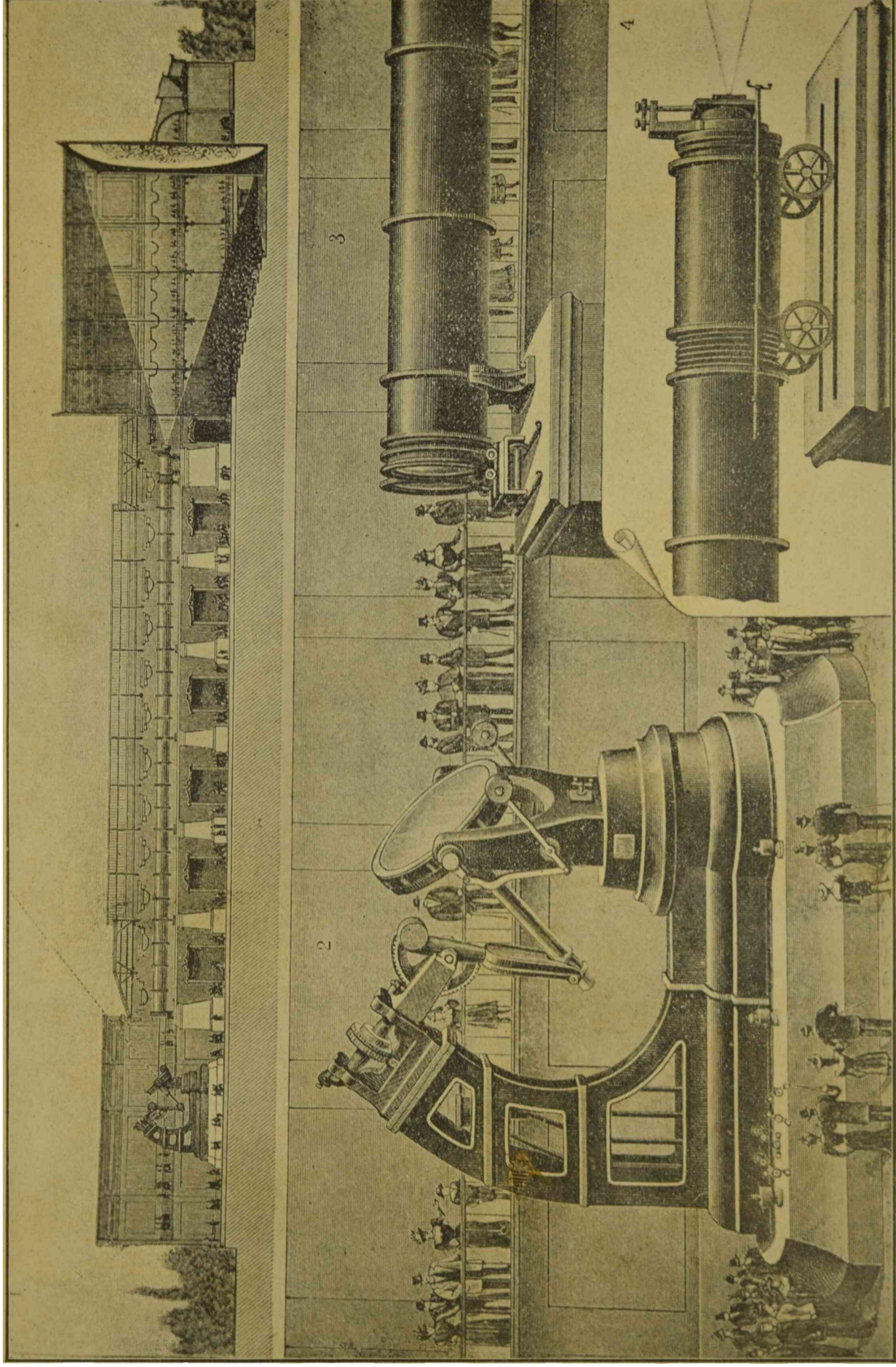
completo, comprendido los anillos que sujetan las lentes componentes, arroja un peso de 453 kilogramos. El tubo del anteojo, construido todo de acero, afecta la forma de dos troncos de cono unidos hacia el medio por sus bases, y cuyo peso, sin las lentes, es de seis toneladas. La pirámide metálica que sostiene esa mole tan bien equilibrada que sigue el movimiento diurno de los astros girando al solo impulso de un aparato de relojería, se levanta en el centro de una sala circular de 28 metros de diámetro, cuya pared de 12 metros de altura, soporta una enorme cúpula metálica que gira muy fácilmente por medio de mecanismos apropiados; el pavimento de la sala, movable también á voluntad, puede subirse, bajarse y aun girar en unión de la cúpula, facilitando así la operación de observar los astros en cualquier punto del cielo que éstos se presenten.

Aprovechando una feliz idea que en 1674 exteriorizara Hook al aplicarle á los larguísimos anteojos de aquel tiempo, se construyó para la exposición de París, un anteojo cuyo objetivo poseía 1 metro 25 de diámetro y 60 metros de largo, pesando el objetivo solo con su armadura especial 900 kilogramos. Hallándose el tubo del instrumento en una posición fija horizontal descansando sobre pilares de mampostería expresamente contruídos, se colocó delante del obje-

tivo (número 3 en la lámina representativa) un aparato llamado *sidereóstato* por Hooke.

El *sidereóstato* (2), se componía de un espejo de vidrio plateado de dos metros de diámetro, 27 centímetros de espesor y teniendo un peso de 3600 kilogramos; montado sobre una armadura metálica especial movida por un aparato de relojería, debía reflejar constantemente sobre el objetivo del gran anteojo, la imagen del astro que se deseaba observar. Concentrada esta imagen por el objetivo hacia su foco, era magnificada por el ocular, el cual, estando á su vez sostenido por un armazón colocado sobre cuatro ruedas susceptibles de marchar sobre rieles en la misma dirección del eje del anteojo (cuyo conjunto se halla representado en 1 sobre la correspondiente lámina), podía enfocarse á voluntad por medio de un ingenioso y sencillo mecanismo. El tubo completo, compuesto de varias secciones unidas entre sí por medio de remaches, pesaba 21 toneladas.

El resultado práctico del citado anteojo, al menos bajo el punto de vista astronómico, no parece haber entusiasmado á los profesionales; y es de creer que el furor de las construcciones de lentes de diámetro siempre creciente y de anteojos de enorme longitud habrá declinado, llevando el convencimiento á los técnicos, que los aumentos son ilusorios ultrapasando ciertos lí-



Gran refractor de la Exposición de París de 1900

1 = Vista del conjunto. — 2 = Sidereóstató. — 3 = Tubo del anteojo y objetivo. — 4 = Ocular

mites y la claridad de los objetos observados por medio de esos refractores gigantes queda bastante comprometida.

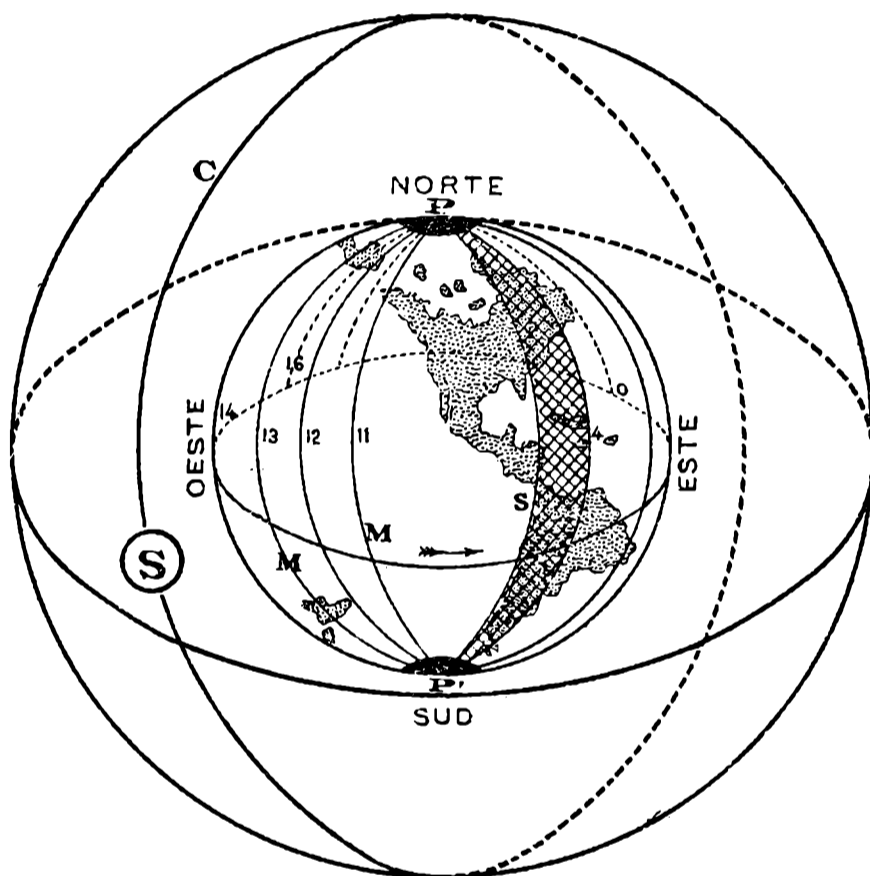
Se sabe, en efecto, que de la luz que cae sobre el objetivo de un antejo, una parte se pierde por reflexión y otra es absorbida por la materia de que está compuesta la lente; como á medida que las dimensiones de ésta crecen, aumenta también el espesor disminuyendo su transparencia, resulta que la luz transmitida por un objetivo, respecto de la luz incidente, disminuye á medida que crecen las dimensiones de la lente. Por otra parte, Vogel, por medio de largas y pacientes experiencias, llegó á determinar con bastante precisión la cantidad de luz que se pierde al atravesar objetivos de diferente diámetro y espesor, sea considerando los rayos actínicos ó los ópticos—este ilustre físico analizó desde los objetivos de 4 centímetros de espesor y 28 de abertura, hasta los de 280 centímetros de diámetro y 40 de espesor, y demostró por ejemplo, que en un objetivo de 80 centímetros de diámetro y 12 de espesor, se pierde el 51 % de los rayos actínicos; es decir que la intensidad de la luz que atraviesa una lente de esas dimensiones es á la intensidad de la luz incidente, como 49 es á 100 — demostró además que si se compara un objetivo como el precedente con otro de 34,4 centímetros de diámetro y 5 de espesor, las imá-

genes de las estrellas producidas en el foco del primero, poseen cuatro veces más esplendor que las que se producen en el foco del segundo; de tal modo que con el primero se llega á observar estrellas de una *magnitud y media* más pequeñas que las que alcanza á revelarnos el segundo; por fin, el mismo físico demostró que si se compara el mismo objetivo de 80 centímetros de diámetro y 12 de espesor central con otro mayor, teniendo por ejemplo 1 metro de abertura y 15 centímetros de espesor central, los brillos de las imágenes estelares respectivas están entre sí como 1 á 1,4; es decir, que con los aumentos de dimensión de las lentes no se gana mucho en el grado de penetración de los anteojos. Se debe tener en cuenta además, que la absorción de las lentes en un antejo, cualquiera que sea la materia de que estén compuestas, es electiva, y mayor para la parte ultraviolada del espectro, que como se sabe, considerada químicamente, es la más eficaz; de donde se deduce la imposibilidad de fotografiar con un refractor, una buena parte del espectro estelar; y si se agrega que á medida que se trate de rayos cuya longitud de onda sea mayor, las lentes van siendo cada vez menos transparentes, hasta el punto de llegar á ser completamente opacas para los rayos del extremo infra-rojo del espectro, será fácil convencerse también, de la inutilidad de los refractores para

las observaciones de la energía radiante á que hoy se somete á los cuerpos celestes. Por las consideraciones expuestas, se explica suficientemente la causa del abandono progresivo de los grandes refractores por los que especialmente se ocupan de observaciones astrofísicas y recurrir en cambio á los telescopios reflectores, los cuales, además de estar exentos de los inconvenientes apuntados, poseen ventajas no despreciables respecto de los primeros. En efecto; en los telescopios, especialmente en aquellos cuyo reflector parabólico es de vidrio (el de Gautier por ejemplo), puede reunirse en un solo y mismo plano focal, todas las longitudes de onda luminosa; y aun cuando la abertura del reflector crezca más allá de un cierto límite, la pérdida de luz es mucho menor que la que correspondería á los refractores del mismo tamaño. Para darse cuenta más exacta de lo que acabamos de exponer, basta considerar que mientras á través de un refractor de 280 centímetros de abertura y 40 de espesor central la intensidad de la luz transmitida sería apenas los $\frac{15}{100}$ de la incidente, en un reflector de igual dimensión la luz concentrada susceptible de ser utilizable alcanzaría aun á los $\frac{48}{100}$ de la incidente.

HUSO HORARIO, HORA UNIVERSAL. — Imaginémosnos dos esferas concéntricas: la interior sólida,

que representará la tierra, en cuya superficie su-
pondremos, como sucede en realidad, esparcidos
sus habitantes—la exterior, como limitando por
su superficie un inmenso espacio transparente
que rodea por todos lados á la esfera terrestre.
La tierra gira constantemente en el sentido de la



(Fig. d)

flecha (figura *d*) alrededor de un eje PP' , que pasa por el centro; la esfera exterior permanece fija, de tal modo que si se pudiese situarse en ella, se vería pasar sucesivamente delante de sí á todas las naciones de la tierra. Si suponemos á esta última dividida en 24 husos (24 trozos de la forma de los cachos de una naranja) por medio

de 12 planos que pasen por su centro y que contengan todos al eje PP' , de la intersección de la superficie esférica terrestre con tales planos, resultarán respectivamente circunferencias.

Si extendiéramos en todos sentidos el plano de uno de esos círculos M hasta cortar la superficie esférica exterior, obtendríamos sobre esta última una nueva circunferencia tal como C , concéntrica con la primera; y como dijimos anteriormente que mientras esta última esfera permanece fija, la otra interior, que representa la tierra, gira alrededor del eje PP' , resultará que las circunferencias M irán pasando por frente de la C de tal modo que sus planos respectivos se confundirán sucesivamente. Llamemos *meridianos* á los semicírculos pequeños M , que así como los hemos supuesto en número de 24, podríamos haber considerado una infinidad de ellos — llamemos *círculos horarios* á sus correspondientes C de la esfera celeste; si nos imaginamos (lo que no sería mucho esfuerzo puesto que estamos habituados á presenciarlo gran parte de las noches) que ese inmenso espacio comprendido entre la superficie de la esfera interior y la exterior está sembrado de infinidad de cuerpos luminosos é iluminados que daremos el nombre genérico de *astros*, claro es que siempre será posible suponer que por uno cualquiera de esos astros pasa un círculo tal como el C ; y en ese

caso, todos los astros poseerán su *círculo horario*; ó de otro modo, cada astro podrá considerarse como colocado sobre un *círculo horario*, el cual, á cada instante, por motivo de la continua rotación terrestre, se confundirá con el plano de un *meridiano*. Si se nos ocurriese marcar sobre cada *meridiano* un punto que distara igualmente de P y de P' (polos terrestres) obtendríamos una serie de puntos tales, que en conjunto formarían una circunferencia de círculo, cuyo plano dividiría á la tierra en dos partes iguales ó hemisferios, de los lados de P y de P' respectivamente. A ese círculo especial le llamaremos *ecuador*.

Consideremos ahora colocado sobre el *círculo horario* C , en uno de sus puntos que no se halle próximo á los polos, el astro luminoso de nuestro sistema planetario, el sol. Supondremos que durante el lapso de tiempo que constituye un día, este astro permanezca fijo en el espacio, en el punto señalado en la figura con la letra S .

Si numeramos sucesivamente de *Este* á *Oeste* con los números 0, 1, 2, 3, 12, 13, 23, los 24 *meridianos* considerados, cuando en el curso de la rotación terrestre llegue el meridiano señalado con el número 0 en la figura, á colocarse debajo del *círculo horario* C , donde se halla situado el sol, de tal modo que sus planos se confundan, será en el mismo instante, para todos los pun-

tos de la tierra situados sobre ese *meridiano*, las 12 del día ó 12 m. como abreviadamente suele expresarse esa hora; de modo que, para los pueblos de la tierra situados sobre dicho *meridiano*, en lo que respecta á sus tareas civiles, en ese mismo instante, ya hace doce horas que ha principiado el día. Al cabo de cierto tiempo, que en nuestro caso será de una hora, pasará por debajo de *C* el meridiano 1, y será para todos los puntos de la tierra situados sobre ese meridiano las 12 del día, mientras ya contarán la primera hora de la tarde los que se encuentran en el 0, el cual continúa ahora su carrera hacia el *Este*; y así de la misma manera, irán pasando sucesivamente debajo de *C* los *meridianos* que se hallan hacia el *Oeste* de los ya mencionados, con una hora de intervalo el uno del que le sigue.

Si empleáramos la circunferencia del ecuador dividiéndola de antemano en 360 grados para medir el ángulo de los planos que forman un *huso* (ángulo que forman entre sí los planos de dos meridianos consecutivos), tendríamos que á cada huso le correspondería 15 grados ó $\frac{360}{24}$ del ecuador; lo cual indica, que una hora es el tiempo empleado por un punto de la tierra, para girar de un ángulo de 15° medidos sobre el ecuador.

Si fijamos uno de los *meridianos* como *origen*

para contar desde él las horas y damos el nombre de *longitud* de un punto de la tierra á la distancia angular á que se halla dicho punto del meridiano *origen*, ángulo que será medido en grados por el arco de ecuador comprendido entre ambos meridianos, se comprende fácilmente que, para obtener las horas de cualquier punto situado al *Este* del meridiano *origen* en el momento mismo en que este último pasa debajo del círculo horario *C*, bastará reducir á horas los grados del ecuador comprendidos entre ambos meridianos, á razón de 15° por hora.

Ahora bien; si por ejemplo, para el meridiano 4 son en un cierto momento las 7 p. m., quiere decir simplemente que el meridiano *origen*, marcado con el número 0, y que dista del 4 de la cantidad constante cuatro horas, habrá pasado debajo de *C* cuatro horas antes; esto es, será para dicho meridiano *origen* las 11 p. m.; de modo que, si conocemos en un instante cualquiera la hora exacta de un meridiano, fácil será conocer también la de todos los demás, con solo agregar ó quitar á la hora conocida (agregar si el punto cuya hora se desea, hállese al *Este*; y quitar, si se halla al *Oeste* del primero) tantas horas, cuantos husos hay antes de llegar al meridiano cuya hora se quiere determinar partiendo de la conocida. Si las naciones ó estados comprendidos en uno de los husos convinieran

en adoptar la hora del meridiano medio del huso, á la vez que los estados comprendidos en el siguiente adoptasen para sí la hora del meridiano medio del suyo y así los demás pueblos por el mismo orden, se pasaría con la mayor facilidad, de la hora que corresponde á un estado á la que rigiese en otro cualquiera situado en distinto huso que el primero, sin que ninguno de ellos se resintiese en sus faenas civiles, por la adopción de tal sistema horario.

Por lo que acabamos de exponer, vemos que á los pueblos de la tierra, no solo no les es posible adoptar la hora de un sólo meridiano, sino que ni siquiera una sola nación podría hacerlo, cuando su territorio se extendiera muchos grados en dirección *Este-Oeste*, sin suscitar grandes trastornos en el complicado mecanismo de su existencia civil. Para la República Argentina, donde se ha adoptado como *hora oficial* la del meridiano que pasa por Córdoba y que se encuentra casi en la parte central de la República, tenemos que la diferencia máxima entre la hora de dicho meridiano y la del que pasa por el extremo *Este*, es alrededor de 7 grados, esto es, algo más de 28 minutos de tiempo; diferencia que no puede acarrear trastorno alguno en el orden económico-social de sus habitantes.

La Europa, por el aumento incesante de las comunicaciones entre los diversos pueblos que

la constituyen, sintió primero la necesidad de la adopción de la hora señalada por ciertos meridianos regularmente distanciados entre sí y partiendo de un solo *origen*.

Por ejemplo, un ferrocarril que partiese de Moscow con destino á París, con el sistema arbitrario de contar las horas que usaban antiguamente, tendría que ir modificando su itinerario según la hora que rigiese en cada nación ó estado independiente por donde pasara en su largo trayecto. Por otra parte, ¿cómo adoptar una hora sola para toda la Europa? Varios congresos reuniéronse para tratar de problema tan importante, cuya solución habían anhelado en vano los pueblos marineros, desde antes de la época de Ptolomeo.

En Roma reunióse un congreso geodésico en 1883; en Washington en 1884; en 1890 en París, y en Berna en 1891, sin haberse llegado en ninguno de ellos á una solución satisfactoria. La mejor fué la propuesta anteriormente por Fleming, de los Estados Unidos de Norte América, subdividiendo la superficie terrestre en 24 husos esféricos dispuestos como explicamos al principio de este artículo, pero á partir del meridiano de Greenwich y dándoles el nombre de *husos horarios*; para cada uno de tales *husos*, la hora media debía ser computada sobre uno de sus meridianos (que bien podía ser el que co-

responde al medio del huso), y el tiempo de dos husos consecutivos debía diferir de una hora. Semejante proposición fué aceptada por los Estados Unidos en 1883, cuya superficie territorial fué dividida en cuatro husos que difieren del que corresponde á Greenwich de 5, 6, 7 y 8 horas. En 1888 adoptaba el nuevo sistema horario Austria Hungría; en 1890, los ferrocarriles alemanes adoptaban la hora del huso que corresponde á la Europa central; en 1893 instituían el mismo sistema varias naciones, entre ellas Italia, y por fin al principiar el actual siglo lo adoptó España.

Sólo la Francia no se ha plegado aún al sistema horario de las demás naciones, por no haber admitido el meridiano inicial de éstas; pues el representante francés, en la conferencia de Roma, declaró que su país no se adhería al convenio de la fijación del meridiano *origen*, sino bajo la base de ser éste neutral.

Sensible es, sin duda, la eliminación del convenio europeo, de una nación tan importante como Francia; pero semejante disidencia, no ha impedido que el nuevo sistema horario sea universalmente adoptado con el meridiano de Greenwich como *origen* común.

Debemos hacer constar, sin embargo, que tanto del punto de vista astronómico como geográfico, ninguna importancia tiene la elección de

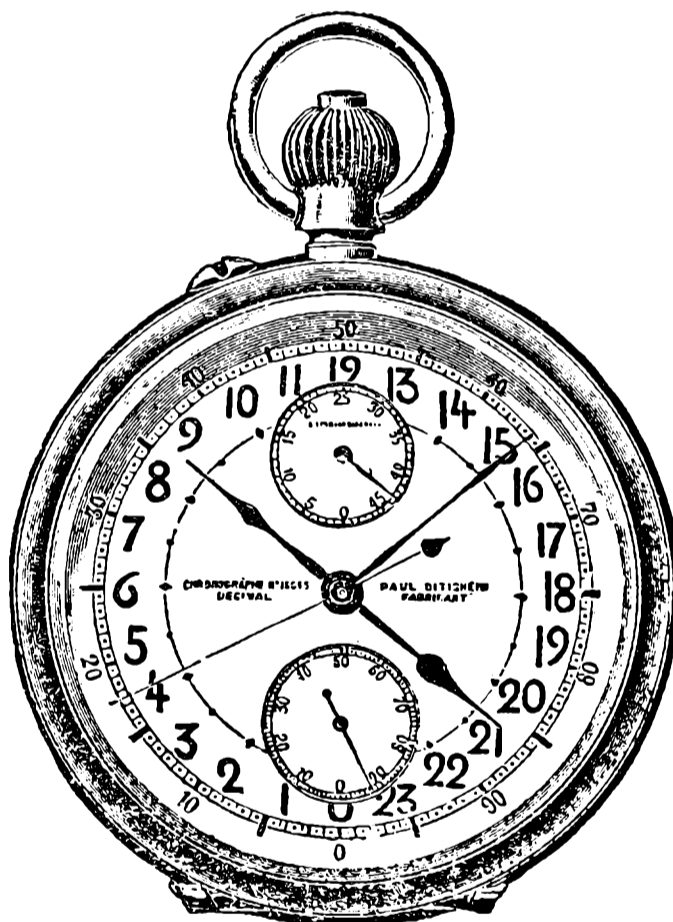
un meridiano ú otro como inicial para contar desde él los grados ó las horas de *longitud*; pues en el primer caso, basta que las efemérides astronómicas de un país refieran sus datos al meridiano local. Así, las efemérides del observatorio astronómico de San Fernando son construídas partiendo de ese meridiano; la *Connaissance des Temps* adopta el de París; el *Nautical Almanac* el de Greenwich; *The American Ephemeris* el de Washington; y, por el mismo orden, los demás.

En cuanto al segundo, esto es, para la construcción del mapa de una comarca cualquiera del globo, tampoco tiene importancia la elección del meridiano inicial; pues la exactitud de la representación topográfica, sólo depende de que sus posiciones diversas estén bien relacionadas á uno cualquiera de los meridianos de la carta ó mapa en cuestión — pero, tratándose del empleo de la hora en las transacciones civiles y comerciales entre naciones diversas, lo repetimos, todo cambia de aspecto; la unificación de la hora para una zona de gran extensión y la sencillez en la conversión del tiempo de un lugar al que rige en otro, se convierte en cuestión de vital importancia; y la fijación de un meridiano inicial, ha despertado en todo tiempo y en los diversos pueblos del mundo un interés tan natural cuanto lo es la causa que lo origina.

Si se piensa en la prodigiosa facilidad con que en los tiempos actuales se procede á unir á los distintos países con caminos de hierro de manera á servir intereses generales, ligando en lo posible las vías fluviales y marítimas con las terrestres, no puede permanecer mucho tiempo en simple proyecto la realización de las grandes arterias que deben constituir la línea interoceánica, que partiendo de los principales puertos del Pacífico, cruce, después de transforar los Andes, las fértiles llanuras argentinas, el rico territorio oriental y las privilegiadas comarcas de los Estados Unidos del Brasil, en cuyas costas orientales deberá finalizar la larga vía comercial interoceánica, ciñendo de oriente á occidente con su doble cinta de acero, el inmenso territorio de la América Meridional. Para esa época que deseamos no sea lejana, en que pueda palpase la magna obra de civilización precursora del futuro progreso sudamericano, el sistema del *huso horario* ú *hora universal* se impondrá sin duda, no sólo como medio racional de computar el tiempo, sino también como prueba simbólica de la confraternidad entre las naciones.

Como consecuencia de la adopción del sistema horario moderno que someramente acabamos de describir, se ha resuelto no dividir las 24 horas del día en antemeridianas y pasadomeridianas,

sino contarlas sucesivamente de 0 á 23—la dificultad que diz surgiría al principio para acostumbrarse al sistema nuevo, es más aparente que real, y, en todo caso, al usar los actuales relojes sería fácil imaginar reglas mnemotécnicas que permitiesen pasar rápidamente del primitivo sistema al moderno. Sin embargo, ya se construyen relojes cuya esfera obedece á la nueva división horaria.



(Fig. e)

Existe, no obstante aún, una diferencia notable en el modo de contar las horas del día, según que éste sea *civil* ó *astronómico*; en efecto,

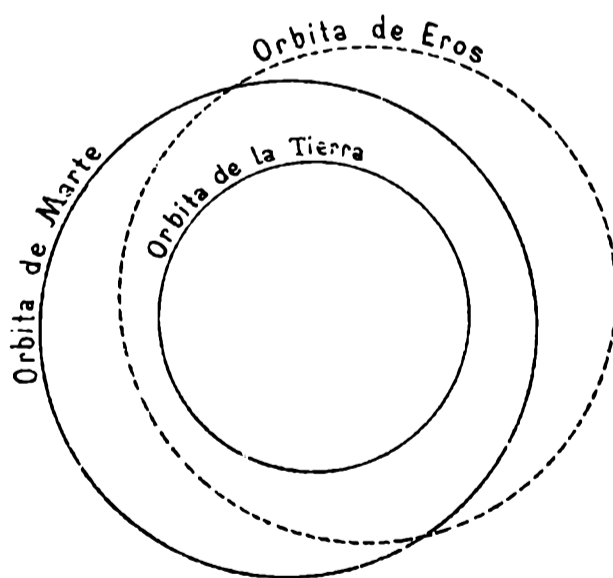
mientras el día civil, que es el adoptado para las transacciones humanas, empieza á *media noche media* para terminar á la media noche siguiente, intervalo de tiempo que el *sol medio* emplea en pasar dos veces sucesivas por el meridiano antípoda del lugar, los astrónomos principian á contar el día medio desde *medio día* concluyendo al medio día siguiente; esto es, el intervalo entre dos pasos consecutivos del sol medio por el meridiano del lugar; ó más de acuerdo con nuestra primera explicación teórica, el intervalo entre dos pasos consecutivos del *meridiano* del lugar considerado de la tierra, por el *círculo horario* del sol medio. Sería de desear, á fin de adaptar más racionalmente las aplicaciones de la ciencia astronómica á la práctica de la vida, que esa diferencia inútil desapareciera y se adoptara una vez por todas el día medio astronómico, que parece ser más lógico que el día civil.

EL PLANETÓIDE EROS. ÚLTIMAS CONSIDERACIONES GENERALES. — La célebre ley de Titius, impropriamente atribuída á Bode, referente á cierta progresión armónica existente entre las distancias respectivas de los planetas hasta entonces conocidos al sol, y que por algún tiempo ocupó con preferencia la mente de los astrónomos, fué abandonada durante el siglo XIX, debido al descu-

brimiento de más de cuatrocientos pequeños planetas ó asteróides, cuyas órbitas caprichosas en extremo demostraron que aquella ley empírica por excelencia, no cabía entre las numerosas verdades científicas que tanto ilustraron á ese afortunado siglo. Según Titius, si se indica con el número 4 la distancia media que separa á Mercurio del sol, las distancias análogas de Venus, de la Tierra, de Marte, de Júpiter y de Saturno son expresadas por $4 + 3$; $4 + 6$; $4 + 12$; $4 + 48$; $4 + 96$; y que á esta sucesión de expresiones cuyos segundos términos van siendo sucesivamente múltiplos de 2, faltaba para ser continua el número $4 + 24$.

Más tarde, en 1781, Guillermo Herschel descubre el planeta Urano cuya distancia al sol se halló expresada por el número $4 + 196$, que, como se ve, obedece aún á la ley de Titius; pero dicha ley no sólo se interrumpió para Neptuno, el planeta que llevó á la celebridad á su descubridor Leverrier, sino que no continuó para la serie grandísima de pequeños asteróides que ocupan el espacio entre Marte y Júpiter, que el astrónomo Piazzi, desde su observatorio de Palermo (Italia) iniciaba el descubierta con *Ceres* en 1801, y que una pléyade de distinguidos contemporáneos y sucesores entre los que cuéntanse á Olbers, Schiapparelli, De Gasparis, Knorre, Goggia, Tempel, Perrotin y Chacornac, Pogson,

Hind, los hermanos Henry, Goldschmidt, Borrelly, Watson, Peters, Wolf, Palisa, Charlois, etc. — y por fin G. Witt que en el observatorio Urania de Berlín, descubre el 13 de Agosto de 1898 el planetóide Eros, que por su situación en el espacio relativamente á la de otros planetas, y la órbita especial que describe alrededor del sol, le hace apreciable para una nueva y más exacta determinación de la paralaje solar y la distancia de este último astro á la tierra. Eros, á pesar de pertenecer al número de los pequeños planetas que muévense en el espacio interplanetario comprendido entre Marte y Júpiter, su órbita, singularísima entre las del sistema solar, yace en su mayor parte dentro de la órbita de Marte, como puede verse en la figura esquemática que sigue — de modo que Eros, se acerca al sol más que Marte; y á la Tierra, mucho

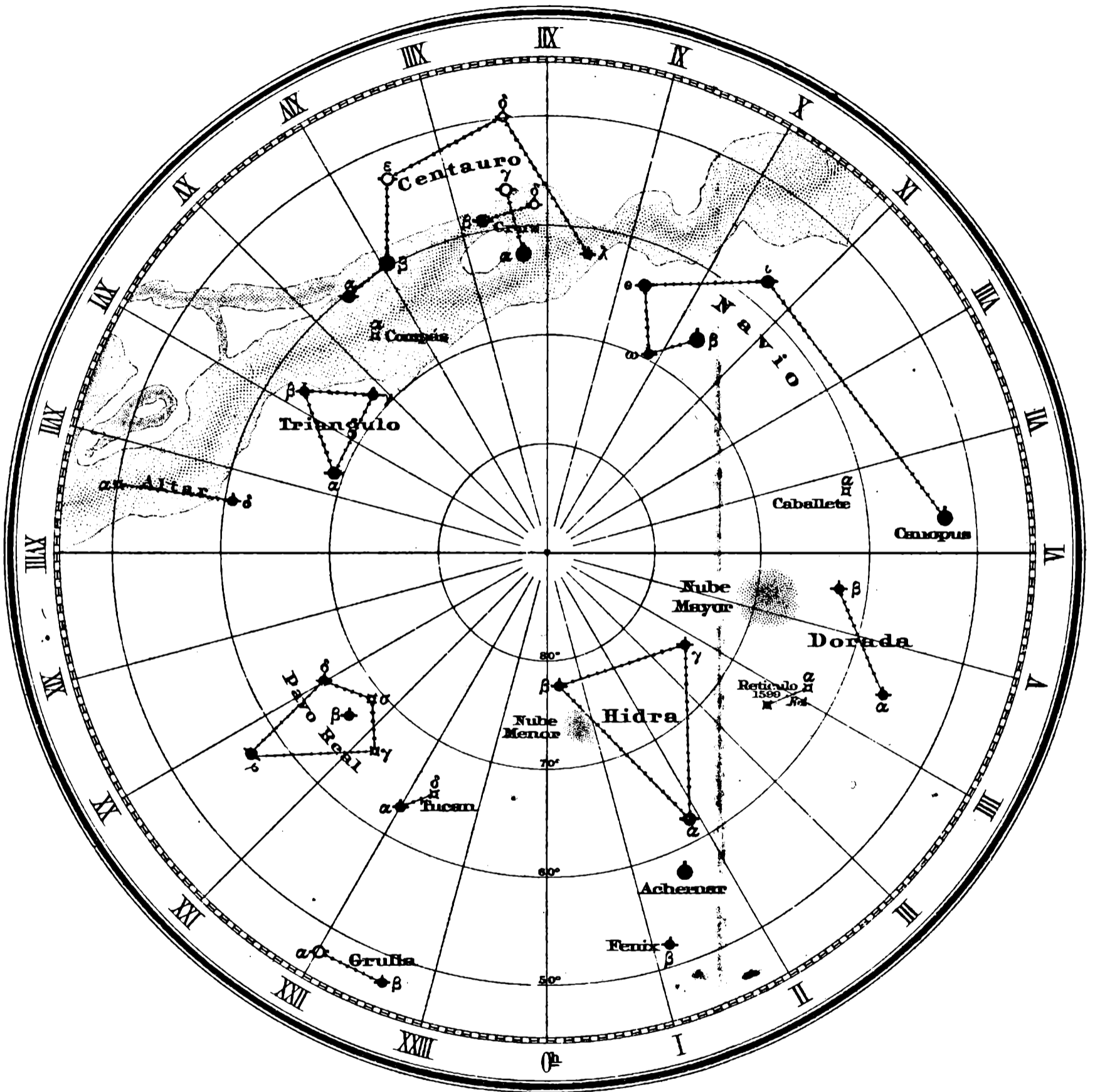


(Fig. f)

más que cualquier otro planeta. Mientras Venus y Marte se acercan á la tierra á distancias mínimas que representan respectivamente $\frac{25}{100}$ y $\frac{37}{100}$ del radio de la órbita terrestre, el planetóide Eros llega hasta $\frac{1}{10}$ de ese radio en su distancia menor á la tierra; esto es, hasta 15 millones de kilómetros.

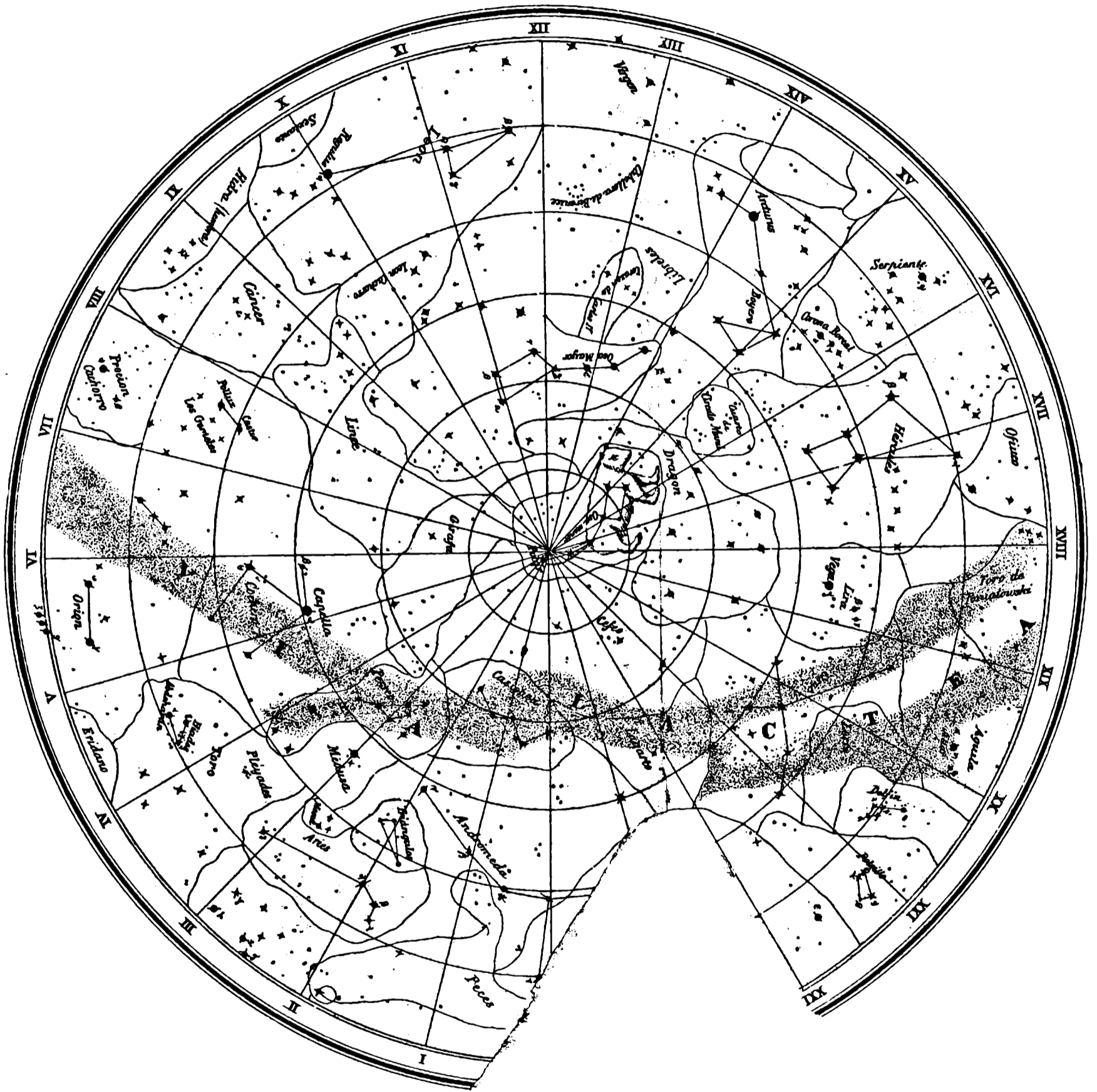
A la fotografía se debe en gran parte el habernos revelado por medio de las placas sensibles numerosos asteróides; lo que prueba una vez más que esa nueva aplicación de la astronomía, promete en favor de esta hermosa ciencia, resultados tan fecundos como trascendentales.

PRINCIPALES ESTRELLAS CIRCUMPOLARES del Hemisferio Sud.



Magnitud de las estrellas ● 1^a ◆ 2^a ◆ 3^a ✕ 4^a

MAPA CELESTE DEL HEMISFERIO BOREAL



MAPA CELESTE DEL HEMISFERIO AUSTRAL

