

Álvaro López García

Técnicas de observación en astronomía óptica



Álvaro López García
Técnicas de observación
en astronomía óptica
Серия «Educació. Laboratori
de Materials», книга 67

Аннотация

Este libro proporciona una presentación clara de los conceptos básicos tales como la astronomía como ciencia observacional, la naturaleza y propiedades de la Luz, los colectores luminosos, los analizadores de la luz, los detectores, la fotometría o la astrometría. El presente manual sobre técnicas de observación astronómica está basado en la experiencia adquirida de Álvaro López García, autor de la obra. Su actividad docente e investigadora, ha sido desarrollada fundamentalmente en el Observatorio Astronómico (OAUV) y el Departamento de Astronomía y Astrofísica (DAA) de la Universitat de València. La experiencia acumulada por López García y los medios disponibles han permitido una mejora sustancial del conocimiento teórico y práctico, tanto del profesorado como del alumnado.

TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN EN ASTRONOMÍA ÓPTICA

Álvaro López García

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Colección: Educació. Laboratori de Materials, 67

Este texto ha sido publicado en el marco de los programas desarrollados dentro de la «Convocatoria del Ministerio de Educación y Ciencia para la financiación de la adaptación de las instituciones universitarias al Espacio Europeo de Educación Superior» (septiembre de 2006)



Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún

© Del texto: Álvaro López García, 2016

© De esta edición: Universitat de València, 2016

Maquetación: el autor

Diseño de la cubierta: Celso Hernández de la Figuera

ISBN: 978-84-9134-030-0

Índice General

TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN EN ASTRONOMÍA

ÓPTICA

0.1 Introducción

1 La Astronomía como Ciencia observacional

1.1 La Astronomía

1.2 Astronomía y Física

1.3 Desarrollo histórico

1.3.1 Observación visual (ojo)

1.3.2 El telescopio

1.3.3 Círculos graduados y micrómetros

1.3.4 Los siglos XIX y XX

1.4 Astronomía Óptica

2 Naturaleza y propiedades de la Luz

2.1 Conceptos físicos

2.1.1 Ley de Coulomb

2.1.2 Campos magnéticos cósmicos

2.1.3 Leyes de Ohm, Faraday y Ampère

2.1.4 Ecuaciones de Maxwell

2.2 Propiedades de la luz

2.2.1 Reflexión

2.2.2 Refracción

2.2.3 Difusión

2.2.4 Transmisión y absorción

2.2.5 Dispersión

2.2.6 Interferencias

2.2.7 Difracción

2.2.8 Polarización

2.3 Fórmulas de la radiación

2.3.1 Ley de radiación de Planck (1900)

2.3.2 Ley de Stefan-Boltzmann

2.3.3 Ley de desplazamiento de Wien

2.3.4 Presión de radiación

2.4 Magnitudes y brillos

2.4.1 Tipos de magnitudes

2.4.2 Índices de color

2.4.3 Magnitud bolométrica

2.4.4 Luminosidades

3 Colectores luminosos

3.1 Introducción

3.2 Sistemas ópticos

3.2.1 Lentes convergentes

3.2.2 Lentes divergentes

3.2.3 Espejos

3.3 Telescopios

3.3.1 Energía recibida

- 3.3.2 Resolución angular y poder resolutivo
- 3.3.3 Focos de los telescopios
- 3.3.4 Sistemas catadriópticos
- 3.4 Monturas de los telescopios
- 3.5 Comparativa de telescopios
- 3.6 Efectos atmosféricos
 - 3.6.1 La atmósfera terrestre
 - 3.6.2 Refracción astronómica
 - 3.6.3 Influencia de la refracción en las coordenadas
 - 3.6.4 Otros efectos atmosféricos

4 Analizadores de la luz

- 4.1 Filtros
 - 4.1.1 Definiciones y unidades
 - 4.1.2 Especificaciones de los filtros
 - 4.1.3 Clasificación de los filtros
 - 4.1.4 Filtros interferenciales
- 4.2 Prisma óptico
 - 4.2.1 Geometría del prisma
 - 4.2.2 Dispersión de un prisma
 - 4.2.3 Poder resolutivo de un espectroscopio de prisma
 - 4.2.4 Prismas acromáticos y de visión directa
- 4.3 Redes de difracción
 - 4.3.1 I. Introducción
 - 4.3.2 II. Teoría
- 4.4 Espectrógrafos
 - 4.4.1 Espectrógrafos de prisma

4.4.2 Espectrógrafos de red plana

4.4.3 Espectrógrafos de red cóncava

5 Detectores

5.1 El ojo como detector

5.1.1 El telescopio: mejora de resolución y sensibilidad

5.1.2 El ojo y el color

5.1.3 El ojo y el brillo de los astros: el sistema de magnitudes

5.1.4 El descubrimiento de la luz invisible: el infrarrojo y el

ultravioleta

5.2 La placa fotográfica

5.2.1 Bidimensionalidad: astrometría

5.2.2 Fotometría fotográfica

5.2.3 La emulsión fotográfica

5.2.4 Procesado fotográfico

5.2.5 La medida de imágenes estelares

5.3 El fotómetro fotoeléctrico

5.3.1 Los inicios de los detectores eléctricos

5.3.2 Características de los detectores fotoeléctricos

5.3.3 La variedad de detectores eléctricos

5.3.4 Fotocátodos

5.3.5 Estructura de un fotomultiplicador

5.3.6 Unidimensionalidad de los fotómetros fotoeléctricos

5.4 Los sensores CCD

5.4.1 Estructura y funcionamiento del sensor CCD

5.4.2 Características de un detector CCD

5.5 Detectores de alta frecuencia

6 Fotometría

6.1 Extinción atmosférica

6.2 Sistemas fotométricos

6.2.1 Introducción

6.2.2 Sistemas de banda ancha

6.2.3 Sistemas de banda intermedia y estrecha

6.2.4 Relaciones de transformación

7 Espectroscopía

7.1 Introducción

7.2 Modelo atómico: el átomo de Bhor

7.3 Tipos espectrales y clases de luminosidad

7.4 Diagrama Hertzsprung-Russell

7.5 Diagrama HR de los cúmulos estelares. Evolución estelar

7.5.1 Cúmulos galácticos o abiertos

7.5.2 Cúmulos globulares

7.6 Poblaciones estelares. Formación estelar

7.6.1 Formación estelar

7.6.2 Evolución estelar

8 Astrometría

8.1 Técnicas de observación

8.1.1 Observaciones absolutas y relativas. Instrumentación

8.1.2 Preparación de observaciones

8.1.3 Tipos de observaciones

8.1.4 Realización de las observaciones

8.2 Medida de placas e imágenes CCD

8.2.1 Medida de placas

8.2.2 Medida de imágenes CCD

8.2.3 Reducción de posiciones

8.2.4 Análisis de resultados

8.2.5 Automatización del proceso

9 Bibliografía consultada

9.1 Series de libros de contenido general sobre temas abordados en este libro

9.2 Textos consultados en la redacción de los capítulos del libro

9.3 Información complementaria, agrupada según su contenido

9.4 Material complementario en formato digital

A mis nietos Alvaro, Manuel y Sani. Que puedan hacerse personas en un mundo mejor. Que sepan distinguir entre 'ser' y 'tener'.

Agradecimientos

Antes de entrar en materia, no puedo dejar de mencionar a varios amigos y colaboradores que, a lo largo de los pasados años, han participado de alguna manera en la realización de este trabajo:

Leonid Yagudin, investigador del observatorio de Pulkovo, que como profesor invitado realizó varias estancias en el OAU. A él se deben parte de las figuras incluidas en el libro.

José Antonio Morano, alumno y luego colaborador asiduo del OAU **durante varios años**, que participó **activamente en diversas tareas**.

Enric Marco, Técnico Superior de Laboratorio y encargado del Aula de Astronomía del DAA y *Fernando Ballesteros*, Jefe de Instrumentación del OAUV, han revisado parte del documento original y aportado sus comentarios y sugerencias.

No debo olvidar la repetida y eficiente colaboración de Sofía Fuentes, Oficial de Laboratorio de Informática del OAUV, en la instalación y puesta a punto de sistemas operativos y software auxiliar en mi ordenador personal. También ha participado en la mejora de muchas figuras y del formato final del libro. Sin su ayuda mi trabajo hubiera sido mas difícil y peor el resultado.

A todos ellos mi sincero agradecimiento.

Valencia, **junio** de 2016

TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN EN ASTRONOMÍA ÓPTICA

0.1 Introducción

El presente manual sobre técnicas de observación astronómica se basa en la experiencia adquirida por el autor en su actividad docente e investigadora, desarrollada fundamentalmente en el Observatorio Astronómico (OAUV) y el Departamento de Astronomía y Astrofísica (DAA) de la Universitat de Valencia.

Mención especial merece el *Observatorio de la Universitat* por su trayectoria histórica, su contribución a la implantación de la Astronomía en Valencia y su actual y pujante desarrollo. Emplazado hacia 1910 en una de las torres de la Universidad en la calle de la Nave, en los años 20 y el comienzo de la

década de los 30 del pasado siglo su actividad fundamental fue la observación sistemática de la actividad solar. Tras el incendio sufrido en 1932, su principal instrumento, el refractor Grubb de 6 pulgadas de apertura y relación focal 15, fue restaurado y modernizado. Finalmente, en la década de los 40, quedó emplazado en la torre central del edificio de la entonces Facultad de Ciencias, actual Rectorado, en la Avenida de Blasco Ibáñez.

Desde finales de los años 60, este instrumento, de excelente calidad óptica y sólida montura ecuatorial, fue la base de la actividad astronómica en las licenciaturas de Físicas y Matemáticas, desgajadas de la tradicional y genérica licenciatura en Ciencias. A la observación del Sol, la Luna y los planetas siguió la obtención de fotografías de estos objetos y de campos estelares, relacionadas con las prácticas de diversas asignaturas.

Hacia 1985, con el fin de participar en campañas internacionales de observación de asteroides brillantes, el refractor Grubb experimentó diversas mejoras en el sistema de seguimiento y accesorios fotográficos. Entre 1985 y 1998 se obtuvieron casi 1000 placas fotográficas de asteroides con una o varias exposiciones sucesivas, que han servido tanto a la actividad investigadora como a la docencia impartida en el Observatorio. La selección de objetos a observar cada noche y el cálculo de sus efemérides obligó a desarrollar un software específico y a informatizar el manejo de los catálogos estelares. También se han obtenido placas de asteroides y satélites de planetas con el refractor doble de

30-20 cm, instalado en el Centro Astronómico del Alto Turia (CAAT) en 1998 y posteriormente desmontado y trasladado al Campus de Paterna.

La necesidad de analizar estas observaciones llevó al diseño y construcción de varios equipos medidores de placas, dotados de motores paso a paso y sensores electrónicos (fotómetro fotoeléctrico primero y cámara CCD después) para la búsqueda, identificación y medida de las imágenes de las placas. Al mismo tiempo, se pusieron a punto los algoritmos necesarios para automatizar en lo posible las sucesivas etapas del proceso, que tras una serie de mejoras y actualizaciones, pudo considerarse completado. En el análisis de placas se han utilizado también ‘scanners’ de tipo comercial, **con resultados mediocres.**

Esta labor se ha desarrollado al tiempo que se disponía de mas y mejores ordenadores personales.

Estas técnicas se han utilizado en la docencia de numerosas promociones de **universitarios**, y tienen un carácter muy completo, ya que se realizan en varias fases sucesivas, que requieren conocimientos de Astronomía e Informática y el manejo de instrumentos, amén de las peculiaridades de la técnica fotográfica y del análisis de imágenes. La experiencia acumulada y los medios disponibles han permitido una mejora sustancial del conocimiento teórico y práctico, tanto de los profesores como de los alumnos. Mi deseo es que este libro ayude a unos y otros.

La introducción en la Astronomía de las cámaras CCD refrigeradas, que permiten captar imágenes 2D con elevada

exposición, ha representado una verdadera revolución en la observación astronómica y están siendo utilizadas en el Observatorio desde el año 2001, desplazando a la técnica fotográfica. Para ello, se han adaptado y perfeccionado los algoritmos anteriores al análisis directo de imágenes CCD.

Con el traslado del Observatorio al Campus de Paterna y al edificio de Investigación del Campus de Burjassot en mayo de 1999 (*figura 0.1*), se plantearon nuevos programas de observación astrométrica, contando con mejores medios instrumentales y equipos auxiliares. Además, la existencia en el propio Campus de Burjassot del Aula de Astronomía, que cuenta con dos telescopios ecuatoriales (uno catadióptrico [*figura 0.3*] y otro apocromático) y varias cámaras CCD, facilita la diversificación de actividades prácticas en las asignaturas de Astronomía y Astrofísica.

Este proceso se ha acelerado y ampliado con el traslado del telescopio TROBAR (*figura 0.5*) desde el CAAT a las instalaciones del OAO en Aras (*figura 0.4*). A este telescopio se han añadido dos telescopios Schmidt-Cassegrain de 40 (*figura 0.6*) y 50 cm y otros instrumentos al servicio de la docencia e investigación universitarias. A su vez, el telescopio Grubb se ha restaurado y transformado en una hermosa pieza de museo (*figura 0.2*) utilizado en la observación de fenómenos astronómicos destacados (paso de Mercurio en 2004, eclipses de Sol y Luna) y en algunas visitas puntuales.



Figura 0.1.- Edificio de Investigación



Figura 0.2.- Refractor Grubb

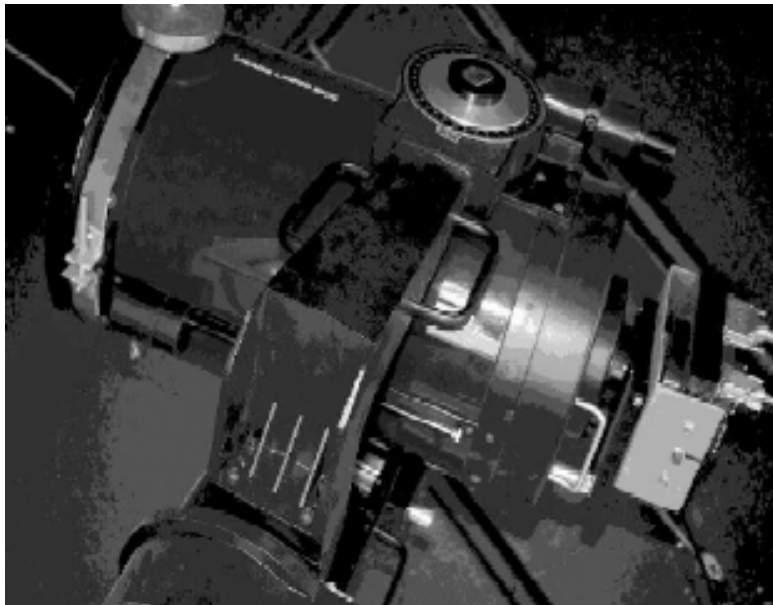


Figura 0.3.- Schmidt-Cassegrain de 30 cm



Figura 0.4.- Edificio de TROBAR (OAO)

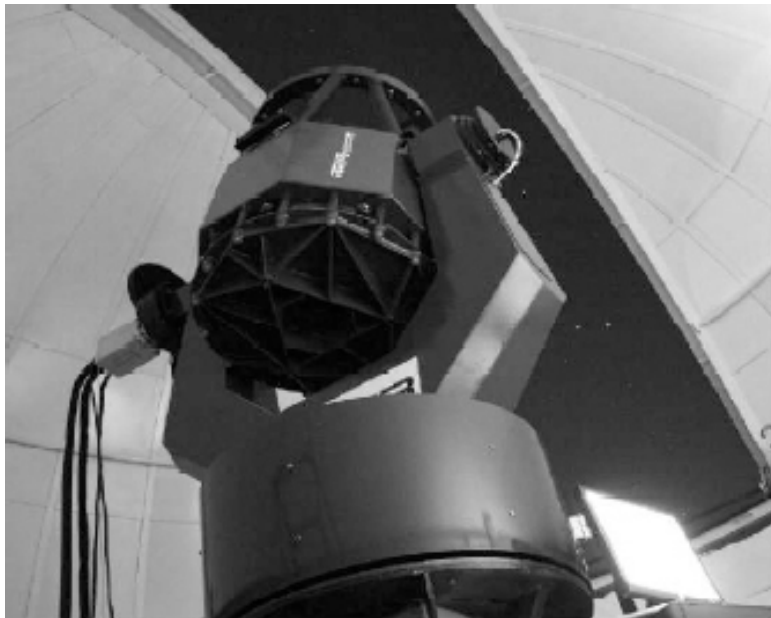


Figura 0.5.- Telescopio TROBAR



Figura 0.6.- Telescopio de 40 cm (OAO)

El contenido, formato y presentación del libro debe ser asequible tanto al estudiante, por lo general con conocimientos previos muy parciales, como al aficionado, con una larga experiencia práctica y una desigual formación académica. Aunque este planteamiento puede conducir a resultados dispares, mantenemos nuestro criterio de llegar a un amplio abanico de lectores, con cuyo apoyo y comentarios contamos para futuras mejoras y actualizaciones del texto.

El libro presenta diversas técnicas de observación, fundamentalmente en el espectro visible, y va dirigido a la mayoría de observadores, que carecen de acceso a instalaciones y técnicas muy sofisticadas. Cada capítulo contiene una breve exposición de los fundamentos teóricos del tema, y en lo posible, se incluyen aquellos aspectos peculiares más afines al autor o que pueden apoyar las actividades prácticas.

Información en la web

Información complementaria, que consideramos de interés para el lector, puede localizarse fácilmente en la web. Algunas palabras clave, relacionadas con el contenido de este libro, pueden ser las siguientes:

- Gnomon y cuadrantes solares.
- Observación astronómica: El cielo a simple vista.
- El sistema solar: Planetas, satélites, cometas. Asteroides.
- Las estrellas: binarias, variables, cúmulos.
- Cielo profundo: Nebulosas, galaxias.
- Telescopios: puesta en estación, manejo.
- Fotografía astronómica, utilización de CCD's.
- Astrometría con CCD's.
- Fotometría y Espectroscopía con CCD's.
- Obtención de Mapas celestes y efemérides.
- Astrometría, Fotometría y Espectroscopía.
- Constantes y datos astronómicos.

Algunos centros de referencia a nivel internacional, que

publican información relevante para estudiosos, aficionados y profesionales son los siguientes:

- Naval Observatory, Washington (USNO, EEUU).
- Minor Planet Center (MPC, EEUU).
- Institute of Applied Astronomy (IAA, St.Petersburg, Rusia).
- Observatoire d'Strasbourg (Francia).

Dejamos en manos del lector su localización y actualización.

Capítulo 1

La Astronomía como Ciencia observacional

1.1 La Astronomía

La Astronomía es la Ciencia dedicada al conocimiento de los *astros*, objetos que se encuentran mas allá de nuestra atmósfera. También se ocupa del estudio de los *fenómenos* transitorios (eclipses, manchas y llamaradas solares, variabilidad estelar, ocultaciones y pasos de satélites y pequeños planetas) que se producen en y entre los astros.

Si consideramos las Ciencias según su carácter experimental, la Astronomía pertenece al grupo cuyos experimentos son reproducibles, siendo hasta la fecha el prototipo de *ciencia de observación*.

Según el esquema general de la adquisición de conocimientos científicos, podemos mostrar la siguiente representación:



Los *modelos científicos*, expresión concreta de las teorías, mas generales, predicen resultados a determinados experimentos, que deben contrastarse con el propio modelo. De este modo, se refinan (o rechazan) los modelos teóricos y se diseñan nuevos experimentos. La utilización de modelos numéricos es una nueva y potente herramienta.

La *observación astronómica*, basada en el análisis de la radiación electromagnética procedente de los astros, es un proceso complejo, sujeto a errores que, a veces, son difíciles de evaluar. El avance de los conocimientos astronómicos viene limitado por las medidas, los medios, el lugar y el tiempo disponibles e, indudablemente, del progreso de otras ciencias afines.

1.2 Astronomía y Física

Un hecho que debe señalarse, a la par que el carácter observacional de la Astronomía, es la implicación de las teorías físicas en el comportamiento a gran escala y la evolución temporal de los astros.

En una exposición esquemática, podemos enumerar los cuatro '*campos de fuerza*' de la Naturaleza:

- **Campo gravitatorio:** es una fuerza atractiva de largo alcance que actúa sobre todas las partículas con masa. La partícula responsable de esta atracción es el largamente postulado y recientemente descubierto 'bosón de Higgs'. Este campo es el responsable del comportamiento a gran escala, planetaria, galáctica, etc., de la materia en el Universo. En la aproximación

clásica su efecto decrece con el cuadrado de la distancia.

- **Campo electromagnético:** es la fuerza, para nosotros familiar, que actúa sobre las partículas cargadas eléctricamente. El fotón es la partícula de intercambio para esta fuerza. Está relacionado con la radiación de las estrellas y los campos magnéticos cósmicos. Decrece con el cuadrado de la distancia, pero la compensación global de cargas impide que se manifieste a gran escala.

- **La interacción débil:** es responsable de la radioactividad. Se manifiesta como una interacción repulsiva de corto alcance que actúa sobre los electrones, neutrinos y los quarks. Los bosones W y Z son los que median en esta fuerza. Está asociada a la desintegración radiactiva y establece un equilibrio entre los componentes básicos del átomo, neutrón, protón y electrón.

- **La interacción fuerte:** es la fuerza responsable de la unión de los Técnicas de Observación quarks para formar neutrones y protones, y de la unión de estos para formar el núcleo atómico. Las partículas de intercambio que median esta fuerza son los gluones.

De todas ellas, la *fuerza gravitatoria* es la principal responsable del comportamiento dinámico de los objetos astronómicos como planetas, satélites, estrellas y galaxias y, siendo la más débil, compite ventajosamente con las otras fuerzas, incluso a cortas distancias.

Como ejemplo, podemos considerar la *evolución estelar*, una vez terminada la combustión nuclear de las zonas centrales de la

estrella e iniciado el *colapso* de sus capas externas hacia el centro. En los párrafos siguientes se describen las distintas situaciones que se pueden presentar.

Las *enanas blancas* son estrellas colapsadas cuya presión gravitatoria es soportada por la nube de los electrones atómicos, en estado degenerado, con un comportamiento análogo al de un metal. Se puede considerar que actúa la interacción débil sobre estos electrones. Estos objetos, de radio similar al de la Tierra, tienen densidades miles de veces la del agua y su masa es inferior a un determinado valor. Por encima de éste, la estrella sigue colapsando y alcanza un estado físico diferente. Su nombre procede de su pequeño tamaño y su elevada temperatura superficial.

Las *estrellas de neutrones*, descubiertas a partir de los *púlsares*, objetos radio que emiten pulsos electromagnéticos de elevada frecuencia y regularidad, son objetos colapsados, en los que la presión gravitatoria externa es soportada por la estructura de neutrones en que llegan a transformarse los átomos normales, una vez vencida la fuerza eléctrica repulsiva que impide la inclusión de los electrones en los núcleos atómicos. Aquí actúa la interacción fuerte sobre las partículas atómicas. Estos objetos, de algunos kilómetros de diámetro, tienen densidades similares a los núcleos atómicos, frecuencias de rotación de varias vueltas por segundo y una estructura interna similar a un cristal. Su masa es superior a la masa de las enanas blancas, pero existe también un nuevo límite, más allá del cual las fuerzas nucleares no son

capaces de soportar la presión de las capas externas de la estrella colapsada.

Llegamos así a los llamados *agujeros negros*, objetos en los que la fuerza gravitatoria no encuentra oponente a su tendencia a llevar la materia hacia su centro de gravedad. Son objetos colapsados que afectan a la materia circundante pero que son prácticamente invisibles. Fueron predichos por la Teoría de la Relatividad General, y se encuentran en el centro de muchas galaxias, siendo auténticos sumideros de materia y origen de grandes perturbaciones.

En otro orden de cosas, la *evolución general del Universo* (expansión o contracción indefinidas, oscilación) depende en último lugar de su densidad media y, por tanto, de su masa. Las enigmáticas '*materia y energía oscuras*' representan un actual reto en nuestra comprensión del Universo.

1.3 Desarrollo histórico

El desarrollo histórico de la Astronomía puede resumirse en las etapas siguientes:

1.3.1 Observación visual (ojo)

Iniciada por el *Hombre primitivo*, se basa en la sucesión del día y la noche, las fases lunares, las estaciones, etc. Toda la *Astronomía antigua* (fundamentalmente china, caldea y griega), se realizó de este modo y condujo a descubrimientos notables: periodicidad de los eclipses, posiciones geográficas, duración del año, etc.

Los primeros catálogos estelares se atribuyen a los griegos,

autores también de la primera escala de magnitudes luminosas. Fue **Hiparco** el autor del primer catálogo, que contenía unas 1.000 estrellas con una precisión de 1' de arco, límite alcanzable por el ojo humano. Se debe a **Eratóstenes** la primera medida del radio terrestre y a **Aristarco de Samos** la estimación de las distancias al Sol y a la Luna. La escala griega de *magnitudes visuales* se basaba en los valores dados a las estrellas más brillantes (1^a magnitud) y las más débiles observables a simple vista (6^a magnitud).y sigue siendo la base de las magnitudes estelares actuales.

1.3.2 El telescopio

Su descubrimiento por **Galileo Galilei** (*figura 1.1*), a comienzos del s. XVII, abrió las puertas a una revolución en la Astronomía, permitiéndolo la observación detallada del sistema solar (manchas solares, detalles del disco lunar, satélites principales de Júpiter, forma irregular del contorno de Saturno).

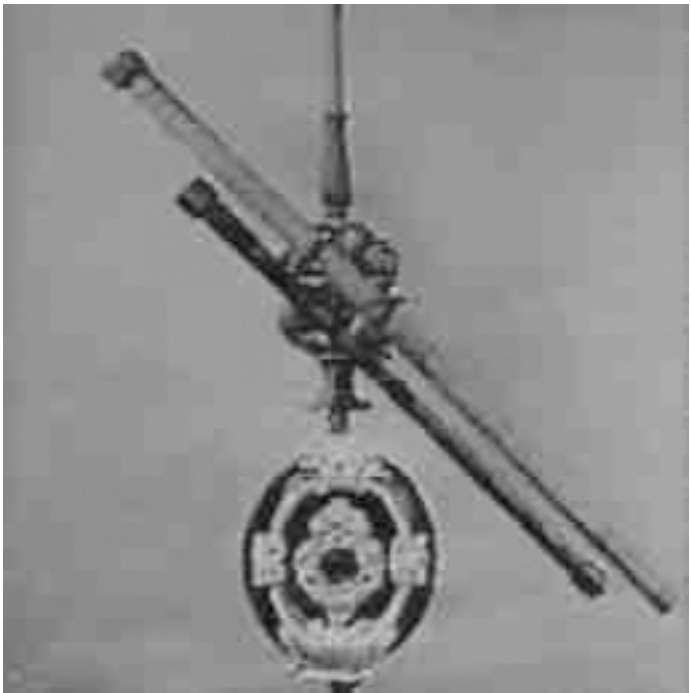


Figura 1.1.- Telescopio de Galileo

La resolución y la luminosidad del telescopio, muy superiores a las del ojo humano, no han cesado de incrementarse, alcanzando valores sólo limitados por los efectos atmosféricos.

1.3.3 Círculos graduados y micrómetros

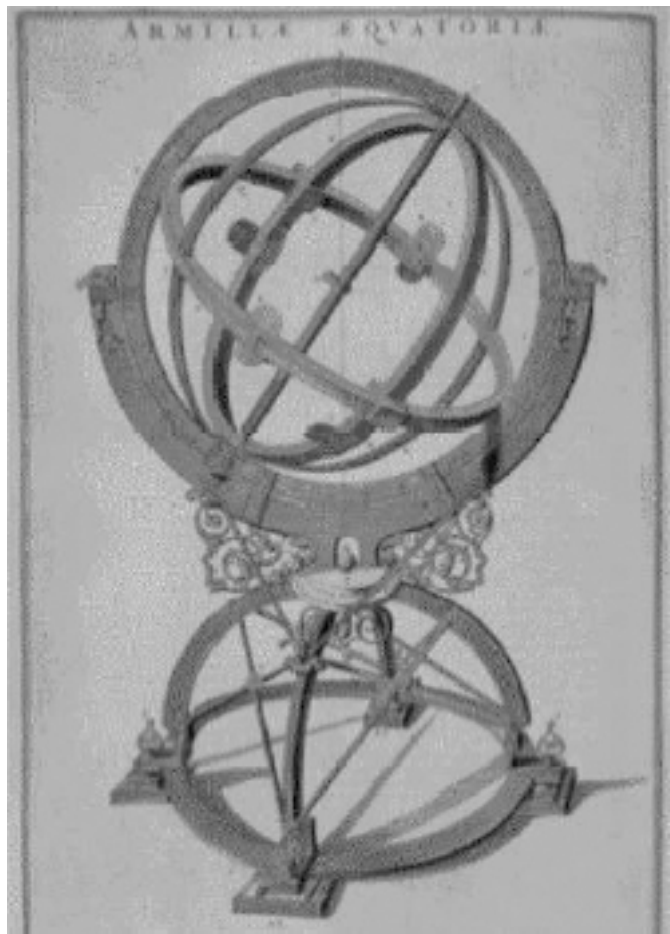


Figura 1.2.- Esfera armilar
Introducidos en el siglo XVIII, son elementos indispensables,

asociados a los telescopios, para la confección de catálogos de alta precisión y la observación de fenómenos transitorios (movimientos de satélites, pasos de planetas sobre el disco solar, estrellas binarias). Su precisión actual (modernos *círculos meridianos e instrumentos geodésicos*), supera el segundo de arco ($1''$).

1.3.4 Los siglos XIX y XX

El siglo XIX aporta dos descubrimientos notables:

A comienzos de siglo se obtienen los primeros **espectros** del Sol por *Fraunhofer* y su correspondencia con algunos elementos existentes en la Tierra. Con ello se demuestra que es posible conocer la naturaleza y composición de los astros, en contra de lo que se sostenía desde la Antigüedad. El desarrollo de la *Espectroscopía*, asociada al registro fotográfico, ha sido permanente a lo largo del s. XX y prosigue en la actualidad con las técnicas CCD.

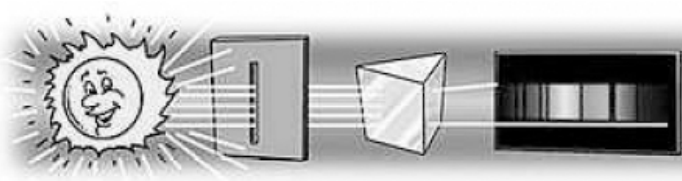


Figura 1.3.- Esquema del espectroscopio de Fraunhofer

A mediados del siglo XIX se introduce la **fotografía** en la Astronomía, en un proceso que se ha generalizado y mantenido

durante el siglo XX. Los *brillos relativos*, la *magnitudes límite* y las *posiciones de los astros* mejoraron considerablemente, gracias a la capacidad de integración en el tiempo y a la estabilidad de la *placa fotográfica*, que permite realizar medidas precisas mucho tiempo después del registro de las imágenes.

Aunque esta técnica está siendo reemplazada por las *imágenes CCD*, los archivos de placas obtenidos desde finales de XIX y durante todo el siglo XX contienen un verdadero tesoro de información (se estima en más de tres millones el número de placas astronómicas almacenadas en todo el mundo), en muchos casos inédita. El proyecto internacional de **la Carte du Ciel** fue el primero en su género e incluyó a numerosos centros astronómicos de ambos hemisferios.

El siglo XX contempla el desarrollo de la **Electrónica** en todos sus campos (instrumental, comunicaciones, informática) y de ello se beneficia la Astronomía. Como técnicas de amplia difusión podemos citar la *Fotometría* y las *cámaras CCD*, cuyos sensores han sustituido a la fotografía en muchas aplicaciones.

La **Astronomía espacial**, a partir de 1960, elimina los efectos de la atmósfera y permite el registro de zonas del espectro electromagnético invisibles desde el suelo, con una calidad inalcanzable desde el mismo.

Los resultados han sido espectaculares, tanto para la *Astrofísica* (Rayos Gamma y Rayos X, UV, IR, etc.) como para la *Astronomía* (satélites astrométricos) y la *Geodesia espacial*.

Cada envío de *sondas* a diversos astros del sistema

solar (planetas, asteroides, cometas) aporta oleadas de nueva información, que está transformando nuestro entorno espacial en un lugar complejo pero cada vez mejor conocido.

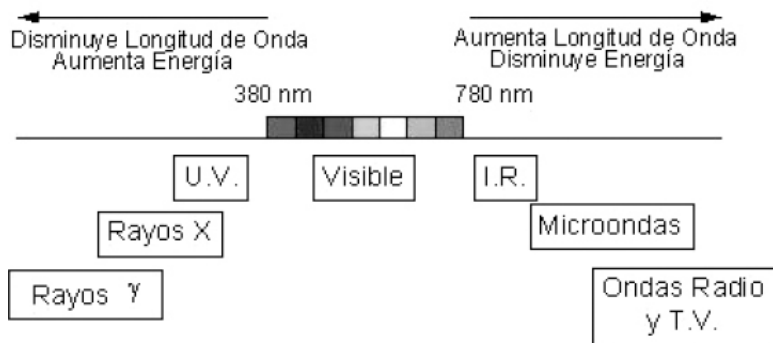
De hecho, podemos considerar cada vez más la Astronomía como una Ciencia física capaz de experimentar con los objetos propios de su estudio.

1.4 Astronomía Óptica

Revisemos ahora la situación presente de la *Astronomía Óptica*, en torno a la cual se desarrolla el contenido de este manual.

Su marco de actuación es el llamado **espectro visible**, que coincide aproximadamente con el conjunto de longitudes de onda a los que es sensible el ojo humano. Corresponde con la llamada **ventana óptica** de la atmósfera. La **ventana radio**, parcialmente transparente para un conjunto de ondas largas, es la fuente de datos de la *Radioastronomía*.

Espectro Electromagnético



El objetivo de la **Astronomía Óptica** es la obtención de datos sobre:

- *Posiciones*; se obtienen mediante la Astronomía Esférica o *Astrometría*.

- *Brillos*; dan lugar a las magnitudes y ‘colores’ de las estrellas mediante la *Fotometría*.

- *Composición*; según el método de obtención y la resolución, aplicaremos Fotometría o *Espectroscopía*.

- El *proceso de medida* incluye los elementos siguientes:
 - La *captación de luz*, que depende de la apertura del telescopio, de su poder resolutorio y del centelleo atmosférico.

- El *análisis de la luz*, que es muy variado, según el tipo de datos y la forma de registro: filtros o prisma-red de difracción.

- El *detector* empleado puede ser de muchos tipos, tales como placas fotográficas, tubos fotomultiplicadores, semiconductores, cámaras CCD, alta energía (satélites) o radio (radioastronomía).

- El *registro* de los datos, tradicionalmente fotográfico o sobre soporte de papel, se realiza hoy casi exclusivamente por medios electrónicos (ordenador).

- La **eficiencia** del sistema formado por el conjunto colector + sistema de análisis + registro viene limitada siempre por el menos eficiente de ellos.

Los resultados globales vienen afectados por una serie de condicionantes ambientales tradicionales: sucesión del día y la

noche, fases lunares, estaciones, rango espectral registrado y efectos atmosféricos (centelleo, extinción).

Los *satélites artificiales* han logrado superar algunas de estas limitaciones gracias a sofisticadas tecnologías que no están al alcance de todos los observadores.

Los *telescopios competitivos*, reflectores de más de 1 m. de apertura, suelen instalarse en condiciones apropiadas, con elevación superior a los 2.000 m. y en regiones de baja humedad (sur de Europa, Canarias, Chile, Hawaïi) y cielo oscuro. En estas condiciones, el espectro visible se amplía al UV e IR próximos.

Como ejemplo, presentamos algunos aspectos de la observación solar:

Desde fuera de la atmósfera (satélites como SOHO y otros; laboratorios en órbita, futuras bases lunares) podemos observar la superficie solar (fotosfera, manchas solares), las protuberancias y la corona solar sin necesidad de accesorios especiales.

Desde la Tierra, tenemos diferentes situaciones:

A simple vista (a través de un filtro apropiado), apenas podemos observar el Sol y no apreciamos detalles en la superficie.

Con telescopio y un filtro neutro, podemos ver la *fotosfera* (*figura 1.4*) (manchas solares, estructura de granos de arroz, fáculas). Si utilizamos filtros de banda estrecha ($H\alpha$) se observan las *protuberancias* solares (*figura 1.5*).



Figura 1.4.- Manchas solares

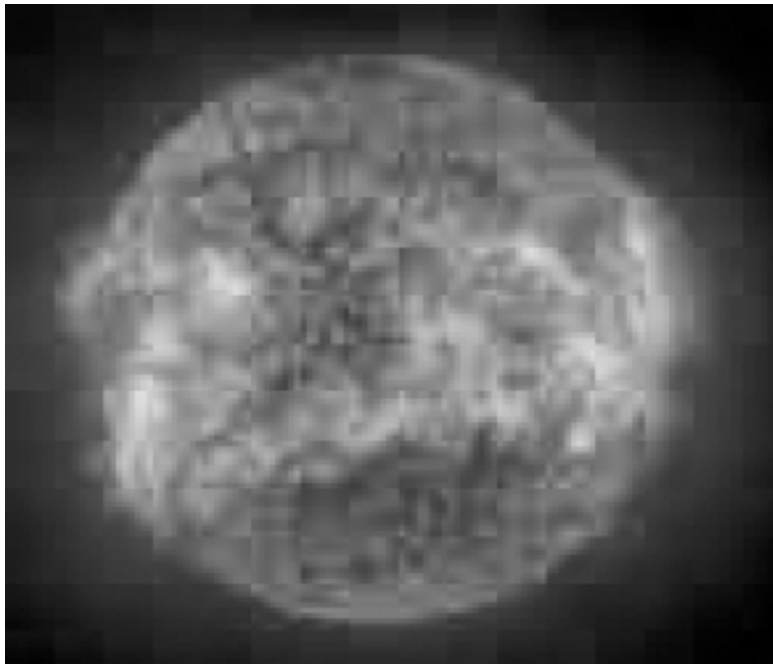


Figura 1.5.- Actividad solar en $H\alpha$

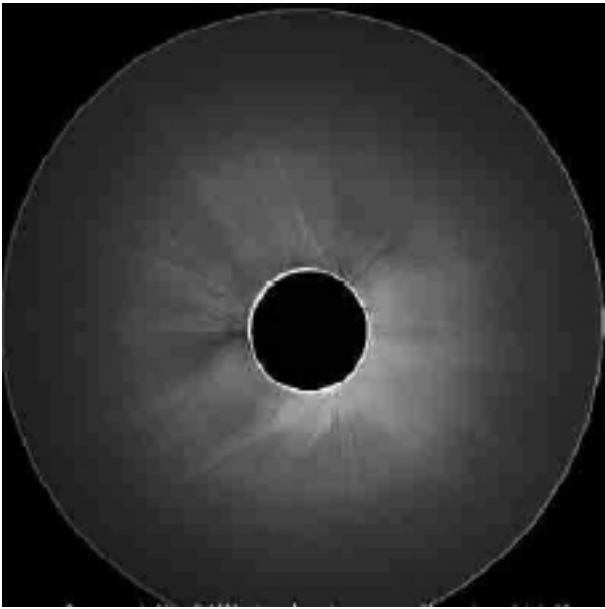


Figura 1.6.- Corona solar

Con un coronógrafo podemos estudiar la *corona solar* (figura 1.6), que de otro modo sólo es visible durante los eclipses totales de Sol.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.