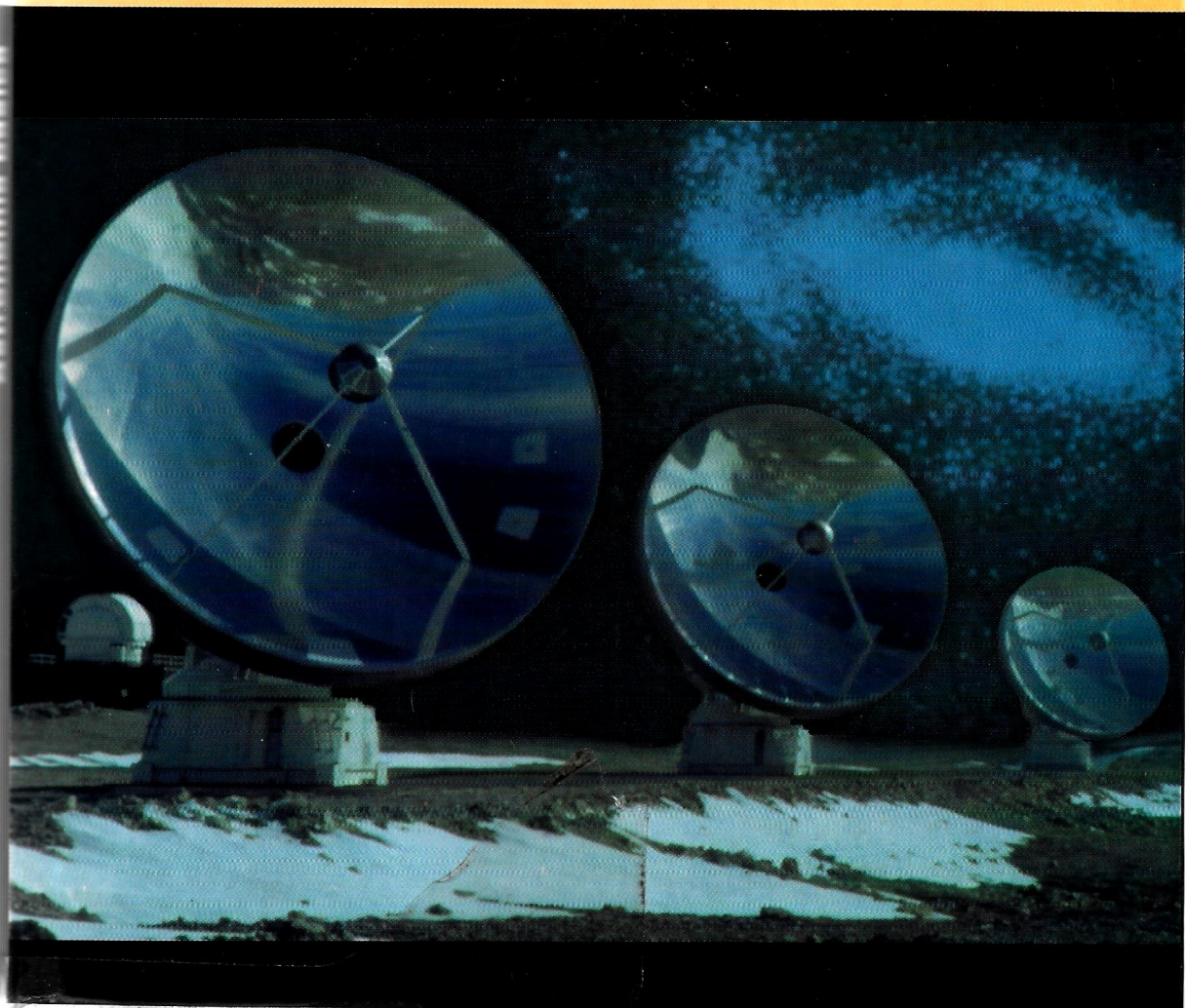


Astronomía básica

JOSÉ ANTONIO GARCÍA BARRETO



Primera edición, 2000

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra
—incluido el diseño tipográfico y de portada—,
sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico,
sin el consentimiento por escrito del editor.

D.R. ©, 2000, Universidad Nacional Autónoma de México
Edificio de la Coordinación Científica, circuito exterior,
Ciudad Universitaria, México, D.F.

D.R. © 2000, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-6092-7

Impreso en México

RADIACIÓN DE UN CUERPO NEGRO

La energía total que emite un cuerpo negro por unidad de área a una temperatura T , es decir, su flujo en todas las frecuencias y en todas las direcciones, se obtiene sumando la brillantez de ese cuerpo negro B_ν , en todas sus direcciones (en este caso sólo la mitad de una esfera) y en todas sus frecuencias, es decir,

$$F = \sum_{\nu} \sum_{\Omega} B_{\nu},$$

donde B_ν es la expresión de la brillantez de un cuerpo negro. Sustituyendo la expresión para la brillantez de un cuerpo negro y habiendo calculado la suma del área de un hemisferio, la expresión de la suma en términos de integrales nos queda así:

$$F = \int_{\nu} \left(\frac{2h\nu^3}{c^2} \right) \left(\frac{1}{(e^{h\nu/\kappa T} - 1)} \right) d\nu.$$

Para realizar la integral en forma analítica se usa la técnica de sustitución de variables, donde $x = h\nu/\kappa T$. El resultado es:

$$F = \left(\frac{2\pi^5 \kappa^4}{15c^2 h^3} \right) T^4,$$

donde κ es la constante de Boltzmann, h es la constante de Planck y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Al término $(2\pi^5\kappa^4)/(15c^2h^3)$ se le conoce como la constante de Stefan-Boltzman y usualmente se le denota como σ . Lo importante aquí es que el flujo de radiación de un cuerpo negro a una temperatura T sólo varía con su temperatura elevada a la cuarta potencia, es decir, en cuanto más temperatura tenga el cuerpo mayor será el flujo de radiación que emita; por lo tanto, tenemos

$$F = \sigma T^4.$$

MAGNITUD Y LUMINOSIDAD

Estos conceptos están relacionados con la necesidad de tener una referencia al observar *qué* tan brillante es un objeto celeste. Los conceptos datan desde las observaciones de Hiparco (~ 130 a.C.) y Ptolomeo (~ 150 d.C.), quienes clasificaron las estrellas visibles al ojo humano (sin ningún instrumento) en seis grupos de acuerdo con su brillantez. A cada grupo le asignaron lo que ellos llamaron una magnitud. Así, a las estrellas brillantes las clasificaron como magnitud uno, mientras que a las estrellas débiles las clasificaron como magnitud seis. Siglos después, el señor John Herschel (~ 1827) encontró que el cociente de las intensidades o flujos entre las estrellas de primera y sexta magnitudes era de 100:1, y Pogson (~ 1854) concluyó que el cociente de una magnitud a otra era de 2.5:1. En general, los flujos de dos estrellas estarán relacionados con sus magnitudes de la siguiente manera (Harwith, 1973):

$$\frac{f_0}{f} = 2.512^{m-m_0},$$

donde cada f denota un flujo y cada m una magnitud. Nótese que las magnitudes en términos de los flujos serán:

$$m - m_0 \simeq 2.5 \log \left(\frac{f_0}{f} \right).$$

De esta expresión se aprecia que la magnitud, m , de una estrella *aumenta* mientras su flujo, f , disminuye. Nótese que no se puede determinar la magnitud de una estrella a menos que se haga con respecto a otra, que en este caso se denota como m_0 .

Sabemos que la luminosidad varía con la distancia al cuadrado, es decir, las luminosidades para una estrella de referencia y otra en general

serían:

$$L = 4\pi R_0^2 f_0$$

y

$$L = 4\pi R^2 f,$$

y si además suponemos que tienen la misma luminosidad, L , los flujos sólo estarán relacionados con sus distancias:

$$\frac{f_0}{f} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^2.$$

Sustituyendo la expresión de flujo en términos de magnitudes, tenemos:

$$m - m_0 \simeq 5 \log \left(\frac{R}{R_0}\right).$$

La magnitud observada de un objeto celeste se denomina *magnitud aparente*. Para comparar la magnitud de una estrella con otra necesitamos referirla a una magnitud intrínseca a una distancia (adoptada *ad hoc*) como 10 pc. A esta magnitud se le denomina *magnitud absoluta*, M . Así,

$$m - M = 5 \log \left(\frac{R}{10}\right),$$

$$m - M = 5 \log R - 5,$$

y finalmente

$$M = m + 5 - 5 \log R.$$

Si m y M se refieren a la misma estrella, siendo m la magnitud aparente (observada) y M la magnitud absoluta, entonces a la expresión $m - M$ se le conoce como *módulo de distancia*. La distancia R se puede expresar como:

$$\log R = \left(\frac{m - M}{5}\right) + 1.$$

En la práctica no se puede calcular la luminosidad de la estrella a menos que se conozca su distancia, y esta expresión da un método para conocerla. Existen otros métodos para determinar distancias (como el método del paralaje) y por lo tanto una vez conocida la distancia se puede calcular la magnitud o flujo del objeto en cuestión. Varios métodos son útiles para comprobar qué tan bueno es el valor determinado tanto de la distancia como de la magnitud o luminosidad.