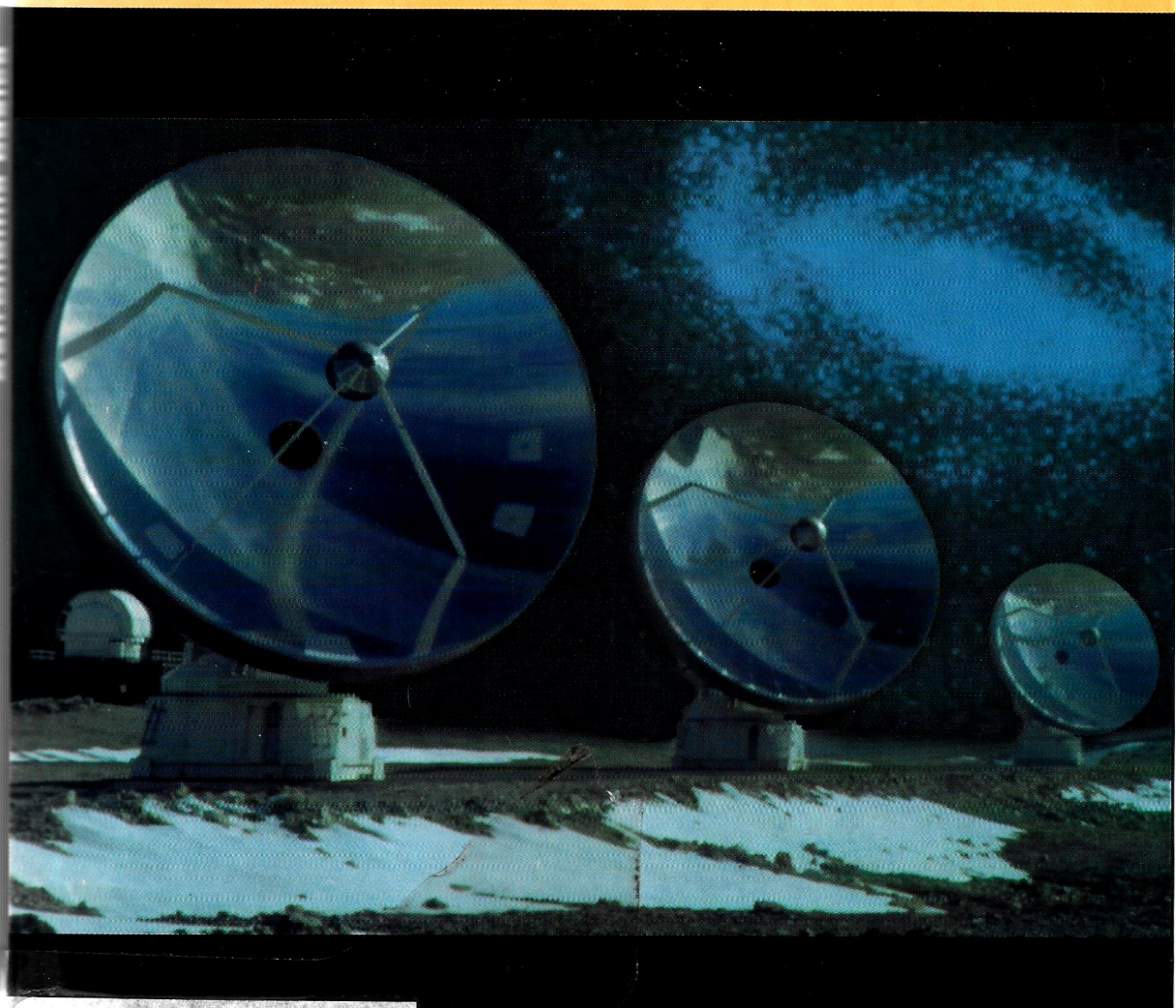
Astronomía básica

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 cuerpo negro. Ley de radiación de Planck

Todos los objetos son capaces de emitir radiación dependiendo de su temperatura, y esa radiación es en forma de ondas electromagnéticas. El primero que realizó esos estudios fue Planck y de ahí que la ley lleve su nombre. Los objetos pueden en principio no sólo emitir radiación sino también absorberla y reflejarla. Así, un objeto que sea buen emisor de energía es también buen receptor o absorbedor de energía. Un cuerpo que sea (quizás en forma ideal) un absorbedor perfecto se denomia *cuerpo negro*, y será también un emisor perfecto. Un cuerpo negro absorbe *toda* la radiación que sobre él cae a todas las frecuencias, y la radiación que emite es sólo función de la temperatura y frecuencia. La brillantez de la radiación de un cuerpo negro la da la expresión de la llamada *ley de radiación de Planck* (véase Kraus, 1966, o Shu, 1982):

$$B_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2(e^{h\nu/\kappa T} - 1)},$$

donde B_ν es la brillantez a la frecuencia ν, ν es la frecuencia de la radiación, h es la constante de Planck, c es la velocidad de la luz, κ es la constante de Boltzmann y T es la temperatura del cuerpo negro. Nótese que tanto $h\nu$ como κT tienen dimensiones de energía y que su cociente no tiene dimensiones.

Densidad de flujo

Para definir este término es necesario introducir los conceptos de tipo de objeto celeste o fuente de radiación. Estas definiciones son hasta cierto punto arbitrarias, pero se basan principalmente en la extensión espacial de aquéllas. Pueden considerarse tres tipos (Kraus, 1966):

- objetos puntuales,
- objetos discretos y
- objetos extendidos.

Un objeto puntual es un objeto *ideal*, es decir, es aquel objeto celeste que subtiende un área del cielo infinitesimal. En particular en el campo de la radioastronomía, si un objeto es de tamaño menor que el *haz* de la antena o radiotelescopio se dice que el objeto es puntual. Haz en este caso se refiere al ángulo por el cual la antena es capaz de recibir radiación (véase el siguiente capítulo para una mejor descripción). Asimismo, esta idea se aplica para cualquier detector de radiación desde infrarrojo hasta rayos X: si el objeto es de tamaño menor que el haz del detector entonces se dice que el objeto es puntual (sin que esta definición tenga que ver con las dimensiones físicas del objeto celeste), ejemplo: estrellas, cuasares.

Se dice que un objeto es discreto si su extensión es pequeña pero finita, es decir, puede ser mayor que el tamaño del haz del telescopio pero no mayor que 1°, ejemplo: nubes moleculares, cúmulos de estrellas, regiones con gas ionizado.

Un objeto se dice que es extendido si su tamaño es mucho mayor que el haz del telescopio y además es finito, por ejemplo, una galaxia y cúmulos de galaxias.

Entonces se puede decir que en general para cualquier objeto (y en particular los discretos y extendidos) la suma de la brillantez del objeto en toda su extensión (angular) da como resultado lo que se denomina *densidad de flujo*, S. Así, la densidad de flujo de un objeto con brillantez B a una frecuencia ν que se extiende una distancia angular $\Delta\theta$ y

$\Delta\varphi$ será:

$$S_\nu = \sum_{\Omega} B(\Omega)\Delta\Omega,$$

o bien,

$$S_\nu = \sum_{\theta}\sum_{\varphi} B\Delta\theta\Delta\varphi.$$

En general si el objeto se observa con un telescopio óptico, un radiotelescopio o un detector de radiación cuya capacidad de recepción en términos de dirección angular o haz se representa como una función $P(\theta,\varphi)$, entonces la densidad de flujo del objeto que se observa será la combinación de la extensión angular del objeto en el cielo con la capacidad angular de recepción del telescopio. Esta combinación se representa como la multiplicación matemática de la extensión del objeto por la capacidad receptora de la antena. Así, la densidad de flujo de un objeto a una frecuencia ν con un telescopio cuya capacidad receptora angular de radiación es $P(\theta,\varphi)$ será:

$$S_\nu = \sum_{\theta}\sum_{\varphi} B(\theta,\varphi)P(\theta,\varphi)\Delta\theta\Delta\varphi.$$

Flujo

El flujo de radiación de un objeto celeste a determinada frecuencia ν o con intervalo de frecuencias $\Delta\nu$ es simplemente el producto de la densidad de flujo por la frecuencia o intervalo de frecuencia. Así tenemos que la expresión para el flujo, F_ν, es

$$F_\nu = \nu S_\nu,$$

o bien,

$$F_{\Delta\nu} = \Delta\nu S_\nu.$$

El flujo de radiación tiene entonces unidades de energía por segundo, por unidad de área, es decir $\text{ergs}\,\text{s}^{-1}\,\text{cm}^{-2}$.

Luminosidad

La luminosidad, L, es un concepto muy frecuentemente usado en astronomía, ya que nos dice la cantidad de energía, por unidad de tiempo,

que radia un objeto celeste considerando cierta área. Así, primeramente se supone que la energía que emite un objeto celeste es radiada con simetría esférica, es decir, que emite energía en todas las direcciones. La luminosidad que se recibe a una distancia R del objeto es el producto del flujo por el área de la esfera con radio R, es decir,

$$L = 4\pi R^2 F.$$

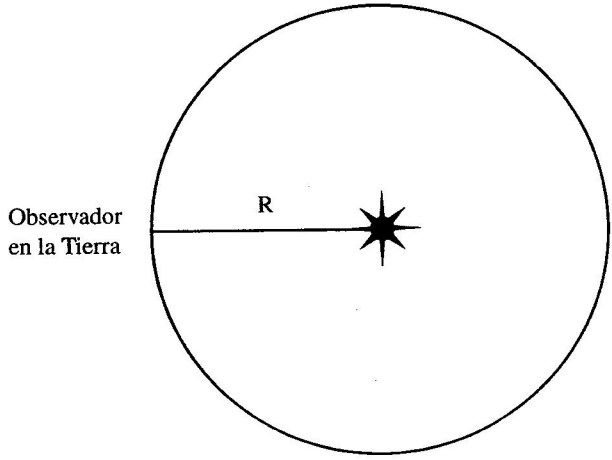


FIGURA IV.4. La luminosidad de un objeto es proporcional al cuadrado de su distancia con respecto al observador. Es decir, la luminosidad que le llega al observador es igual al flujo que emana de un objeto multiplicado por el área de una esfera con radio igual a la distancia del objeto al observador.