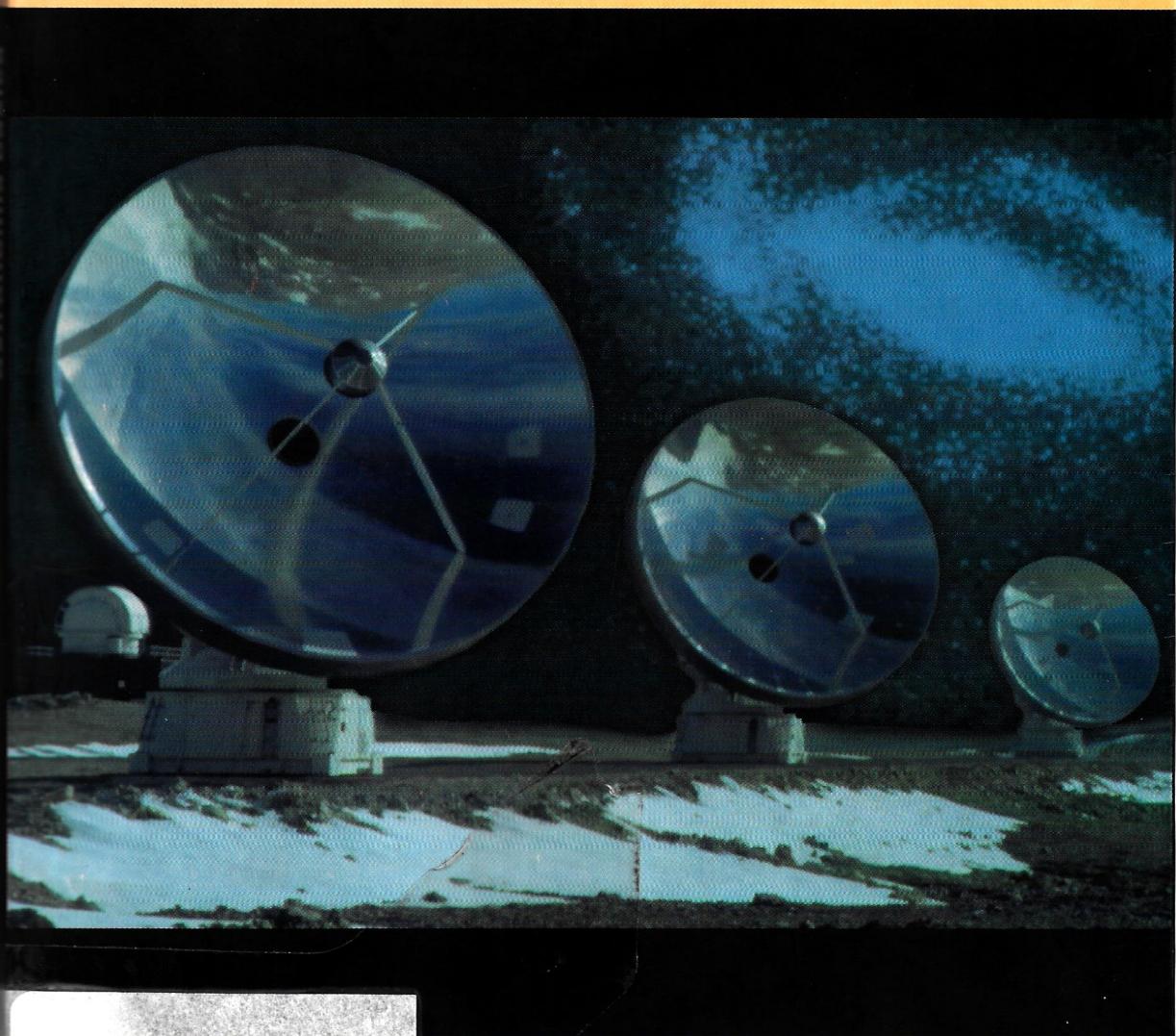


Astronomía básica

JOSÉ ANTONIO GARCÍA BARRETO



QB61/G37



13651

S
AS
ARIAS

TEXTO CIENTÍFICO
UNIVERSITARIO

ASIMONIA FISICA

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.

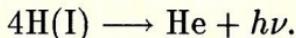
D.R. © 2000, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-6092-7

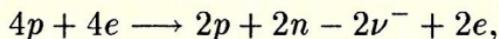
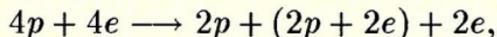
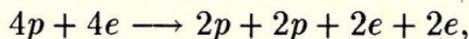
Impreso en México

LUMINOSIDAD DE UNA ESTRELLA

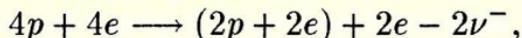
Habíamos mencionado que una estrella radia a través de un proceso exotérmico termonuclear en el cual transforma hidrógeno en helio, es decir



Esta reacción puede desglosarse en varias reacciones intermedias:



donde ν^- representa un antineutrino. La última expresión conserva la carga eléctrica, pues ni el neutrón ni el antineutrino tienen carga eléctrica. Así pues,



donde el núcleo de helio estaría representado por la expresión entre paréntesis. Las partículas como protones y neutrones están ligadas por otras partículas, como por ejemplo, mesones. Todo esto da como resultado que el helio tiene una menor masa que la suma de las masas

individuales de dos protones y dos neutrones. Finalmente, en términos de masas involucradas, la conversión de 4 átomos de hidrógeno a 1 átomo de helio sería algo así como

$$4m_p \longrightarrow 3.97m_p,$$

donde la diferencia $0.03m_p$ se transforma en energía de acuerdo con la expresión $E = m_p c^2$, lo que representa una energía por cada reacción de

$$E \simeq 4.3 \times 10^{-5} \text{ ergs.}$$

A manera de comparación tenemos que la energía que emite un foco de 40 watts en un segundo es $E_f \simeq 9 \times 10^{12}$ veces más que la energía liberada en cada reacción de conversión de hidrógeno a helio. ¿Cómo tener una expresión que nos indique esa energía emitida? Considérese el cuerpo emisor, digamos una estrella, que emite una energía por unidad de tiempo (véase la figura VII.1)

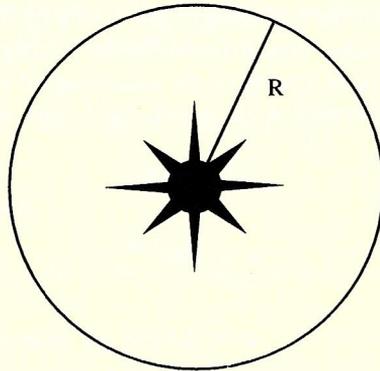


FIGURA VII.1. Representación esquemática de un cuerpo que emite en forma esféricamente simétrica hasta una distancia R .

Supongamos que la radiación del cuerpo emisor es isotrópica (en forma esféricamente simétrica) y la intensidad sólo depende de la distancia R . La radiación original del objeto es distribuida sobre toda el área de una esfera a una distancia R alrededor del objeto.

Al término que denominamos *luminosidad* de una estrella, L , lo expresamos como la radiación original que emite el objeto, por unidad de tiempo, que se distribuye en una área dada. En otras palabras, si el área de una esfera, de radio R , es $4\pi R^2$ y la radiación original por

unidad de tiempo y unidad de área es F , entonces la luminosidad de la estrella, L , sería

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

donde F es el flujo de la estrella.

La luminosidad tiene unidades de energía por unidad de tiempo o, en el sistema cgs, ergs s^{-1} . Así el Sol tiene una luminosidad de $L_{\text{Sol}} \simeq 4 \times 10^{33} \text{ ergs s}^{-1}$. En general para representar la luminosidad del Sol se usa L_{\odot} . Por costumbre, la luminosidad de otros objetos celestes siempre se compara con la luminosidad del Sol.

MAGNITUD DE UNA ESTRELLA

Hiparcos, alrededor del año 130 a.C., y Ptolomeo, en el año 150 d.C., dividieron las estrellas visibles en seis grupos, cada uno con diferente *magnitud*. El grupo con las estrellas más brillantes era aquél con magnitud 1, el grupo con las estrellas más débiles era el grupo con magnitud 6. Muchos años después, en 1827, John Herschel encontró que el cociente entre la intensidad o flujo de una estrella con magnitud 1 y la intensidad de una estrella con magnitud 6 era de 100 a 1. Debido a que este cociente involucraba una diferencia de 5 magnitudes, una manera de encontrar cuál sería el cociente de una magnitud a otra sería pensar en un número que elevado a la potencia 5 nos diera como resultado 100, es decir,

$$x^5 = 100,$$

de donde

$$x = 100^{1/5},$$

o finalmente

$$x = 2.512.$$

La expresión nos dice que el número x (es decir, 2.512) elevado a la potencia dada por la magnitud en cuestión es igual al cociente entre los flujos de dos estrellas pertenecientes a dos grupos con magnitudes diferentes. ¡Eureka!, así si m es la magnitud *aparente* u *observada* de una estrella con flujo F y m_0 es la magnitud de otra estrella con flujo F_0 entonces,

$$2.512^{m_0} F_0 = 2.512^m F,$$

la cual puede expresarse como

$$\frac{F_0}{F} = 2.512^{m-m_0},$$

o para determinar la diferencia de magnitudes,

$$m - m_0 = 2.50 \log_{10} \left(\frac{F_0}{F} \right).$$

Como el flujo de una estrella varía de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, entonces para una misma luminosidad detectada el cociente de los flujos es,

$$\frac{F_0}{F} = \left(\frac{R}{R_0} \right)^2,$$

y substituyendo las magnitudes por los flujos,

$$m - m_0 = 5 \log_{10} \left(\frac{R}{R_0} \right).$$

Para comparar una estrella con otra se necesita conocer su magnitud intrínseca, M , que se obtiene si las estrellas se colocaran a una distancia estándar de 10 pc (o 32.6 años luz),

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

lo que nos queda como

$$M = m - 5 \log_{10} R + 5,$$

donde R se debe expresar en pc.