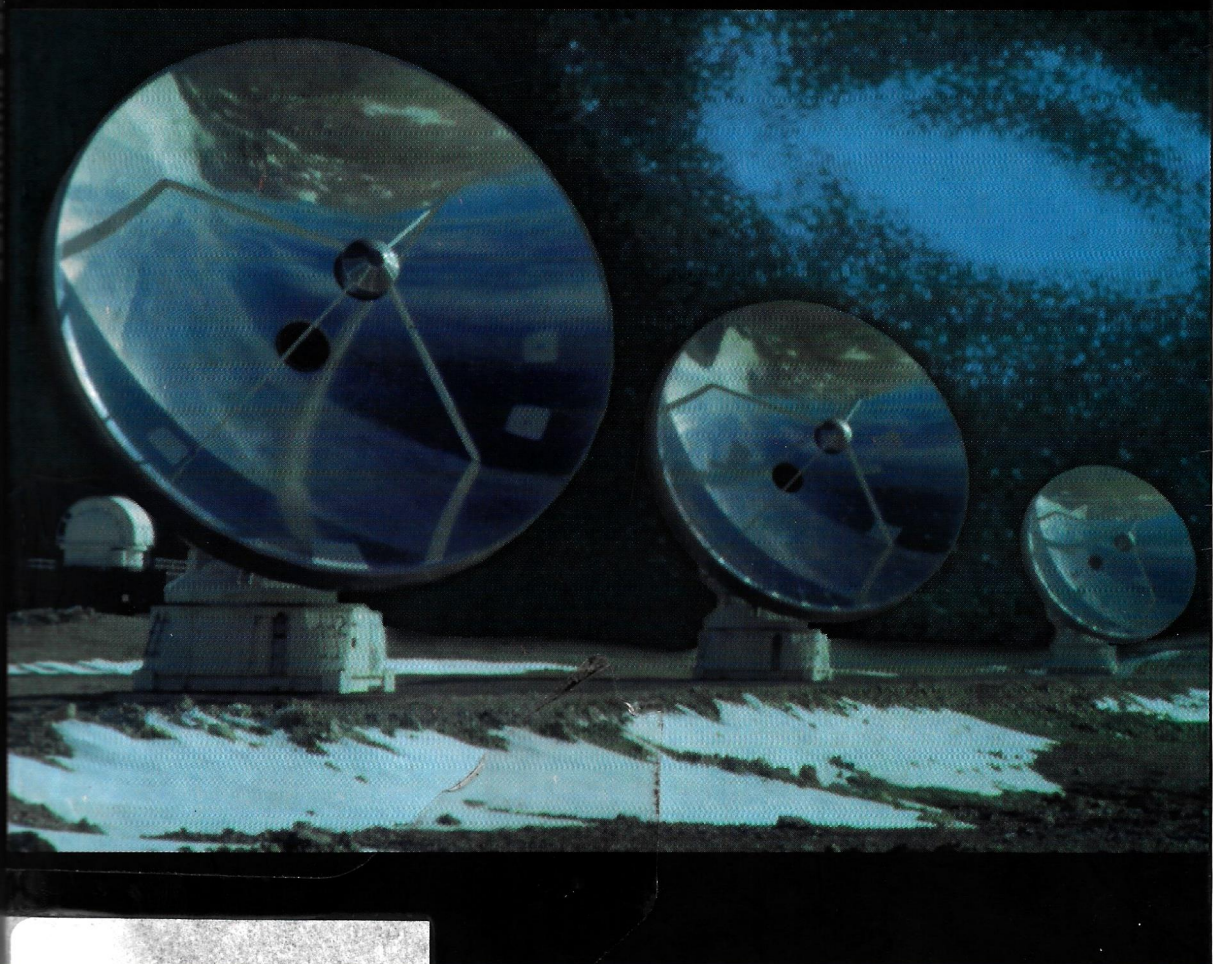


Astronomía básica

JOSÉ ANTONIO GARCÍA BARRETO



QB61/G37



13651

S
AS
ARIAS

TEXTO CIENTÍFICO
UNIVERSITARIO

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

TRANSFERENCIA DE RADIACIÓN EN EL INTERIOR DE LAS ESTRELLAS

Dadas las densidades y temperaturas del interior del Sol (o de otras estrellas similares), $\rho_c \simeq 150 \text{ g cm}^{-3}$ y $T_c \simeq 15 \times 10^6 \text{ K}$, respectivamente, el material es muy denso y por lo tanto se dice que es opaco. Los fotones (radiación) tratan de viajar y eventualmente salir del interior, pero encuentran resistencia en forma de absorciones o reflexiones, es decir, un fotón (que representa energía electromagnética) puede ser absorbido por un átomo; éste a su vez puede emitirlo en otra dirección, pero quizás a otra frecuencia, etc. La materia y los fotones interactúan fuertemente,

en un espacio dado, conservando siempre propiedades generales como la de que la energía y la materia no se crean ni se destruyen, sino sólo se transforman. A esta condición se le conoce como equilibrio termodinámico local.

Estando a una temperatura de $15 \times 10^6 \text{K}$, el interior del Sol emite radiación como cuerpo negro con frecuencias características de rayos X (véase el problema VII.4). Los rayos X interactúan muy bien con la materia y *viajan* solamente *medio centímetro*, en promedio, antes de ser absorbidos o reflejados por la materia. Este viaje de los fotones en los interiores estelares se conoce como *camino azaroso*, es decir, la dirección de viaje del fotón es al azar. A la distancia que viaja un fotón antes de cambiar de dirección se le conoce como *camino libre medio*.

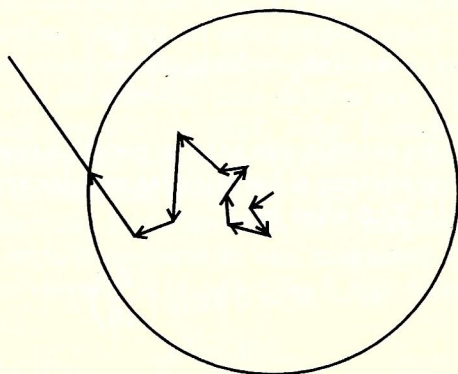


FIGURA VII.2. Dibujo esquemático de la trayectoria de un fotón desde el centro de una estrella hacia su superficie. La trayectoria se dice que es aleatoria, es decir, no tiene definida la trayectoria debido a la densidad tan alta de materia en el interior de la estrella. Una vez que alcanzó la trayectoria del fotón, la superficie de la estrella es menos alterada, pues en el espacio la densidad de la materia es mucho menor.

Esta forma de viajar contrasta completamente con el viaje *directo* que tiene un fotón fuera de las estrellas (debido a la bajísima densidad de materia interestelar). Durante el trayecto desde el centro de la estrella hacia la superficie, un fotón sufre cambios principalmente en su energía, es decir, de ser un fotón de rayos X y tener una alta energía en el centro de la estrella, se transforma en un fotón de luz visible que corresponde a una energía terminal de un cuerpo negro a una temperatura ya no de millones de grados sino de tan sólo $T \simeq 5800 \text{K}$, que es la temperatura superficial del Sol. Otras estrellas conocidas como gigantes rojas tienen una temperatura superficial menor que la del Sol,

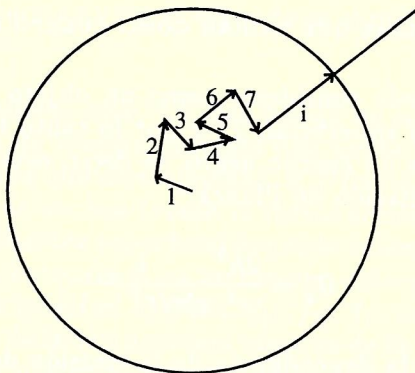


FIGURA VII.3. Igual que la figura VII.2, solamente que ahora se indica que existen N trayectorias cortas que recorre el fotón antes de llegar a la superficie de la estrella.

$T \simeq 3\,000\text{K}$, mientras que las estrellas conocidas como estrellas azules tienen una temperatura superficial mayor que la del Sol, $T \simeq 20\,000\text{K}$.

La opacidad del Sol indica un camino libre medio para un fotón de 0.5cm antes de que interactúe con la materia. Dado que un fotón no sólo viaja en una dirección, sino que viaja en tres dimensiones, para cubrir una distancia igual al radio del Sol, $R_{\odot}$, requiere de un número de pasos total N , cada uno con una longitud l . La expresión para N es (Harwitt, 1973):

$$N = \frac{3R_{\odot}^2}{l^2}.$$

Asimismo, el tiempo que tardaría el fotón en ir desde el centro de la estrella hasta la superficie sería simplemente la distancia recorrida. Esta distancia en este caso sería el número total de pasos de longitud l entre la velocidad de la luz, c . Así se tiene

$$t = \frac{Nl}{c},$$

y substituyendo el valor de N se tiene

$$t = \frac{3R_{\odot}^2}{lc}.$$

Sustituyendo valores, se obtiene un tiempo de viaje al azar de un fotón desde el centro hasta la superficie del Sol de aproximadamente 31 000 años.