

Transferencia Radiativa y Estructura Estelar

Apuntes universitarios para entender la magia matemática de la luz.



$\int \alpha \Sigma \beta \gamma \delta$

Intensidad (I_ν) 🌟



Define la calidad o energía de un rayo de luz individual que viaja en una dirección específica.

La ecuación que los une:

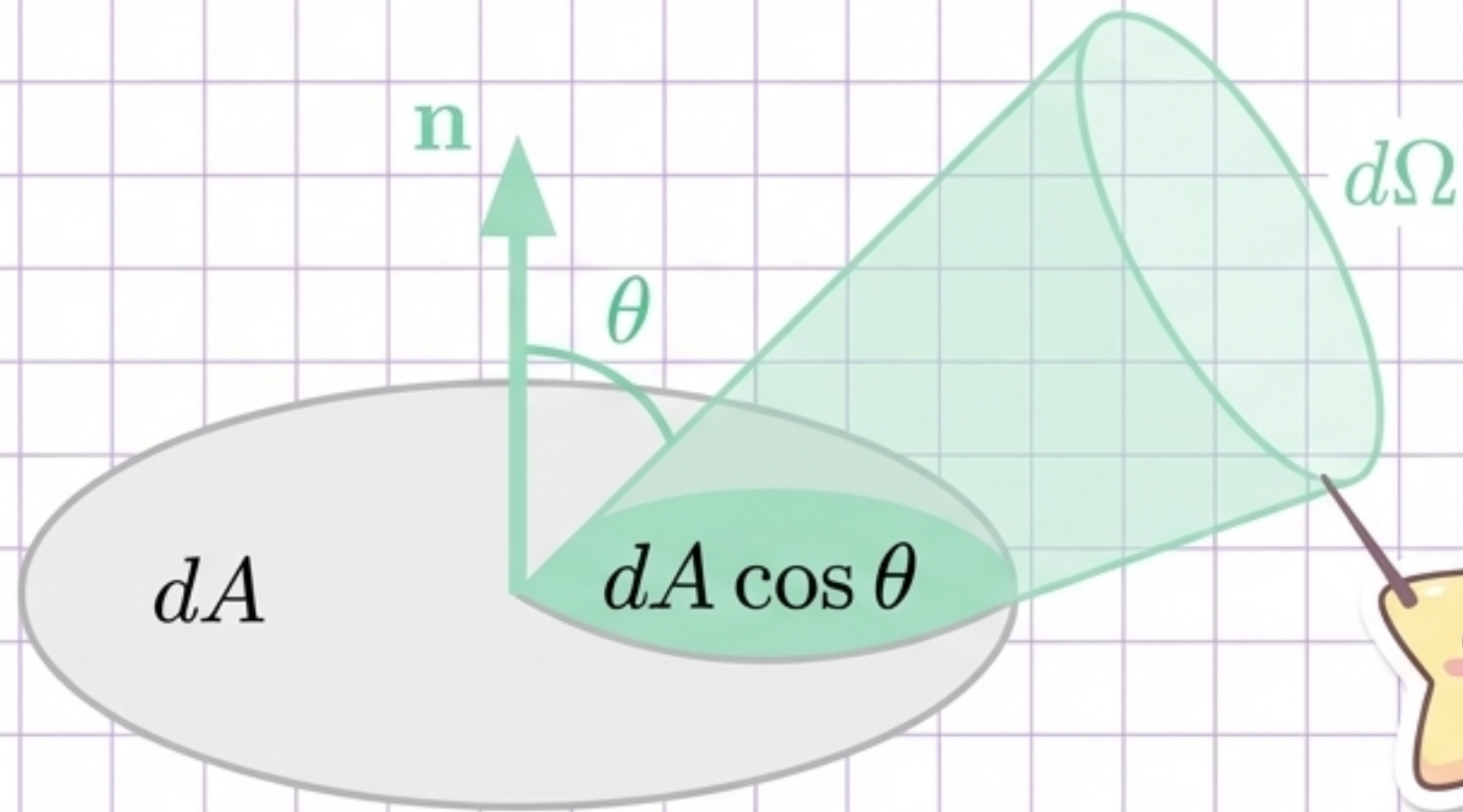
$$dE_\nu = I_\nu dA \cos \theta dv dt d\Omega$$

Flujo (F_ν) 🍩



Cuantifica la energía neta total que efectivamente cruza un área o superficie de detección.

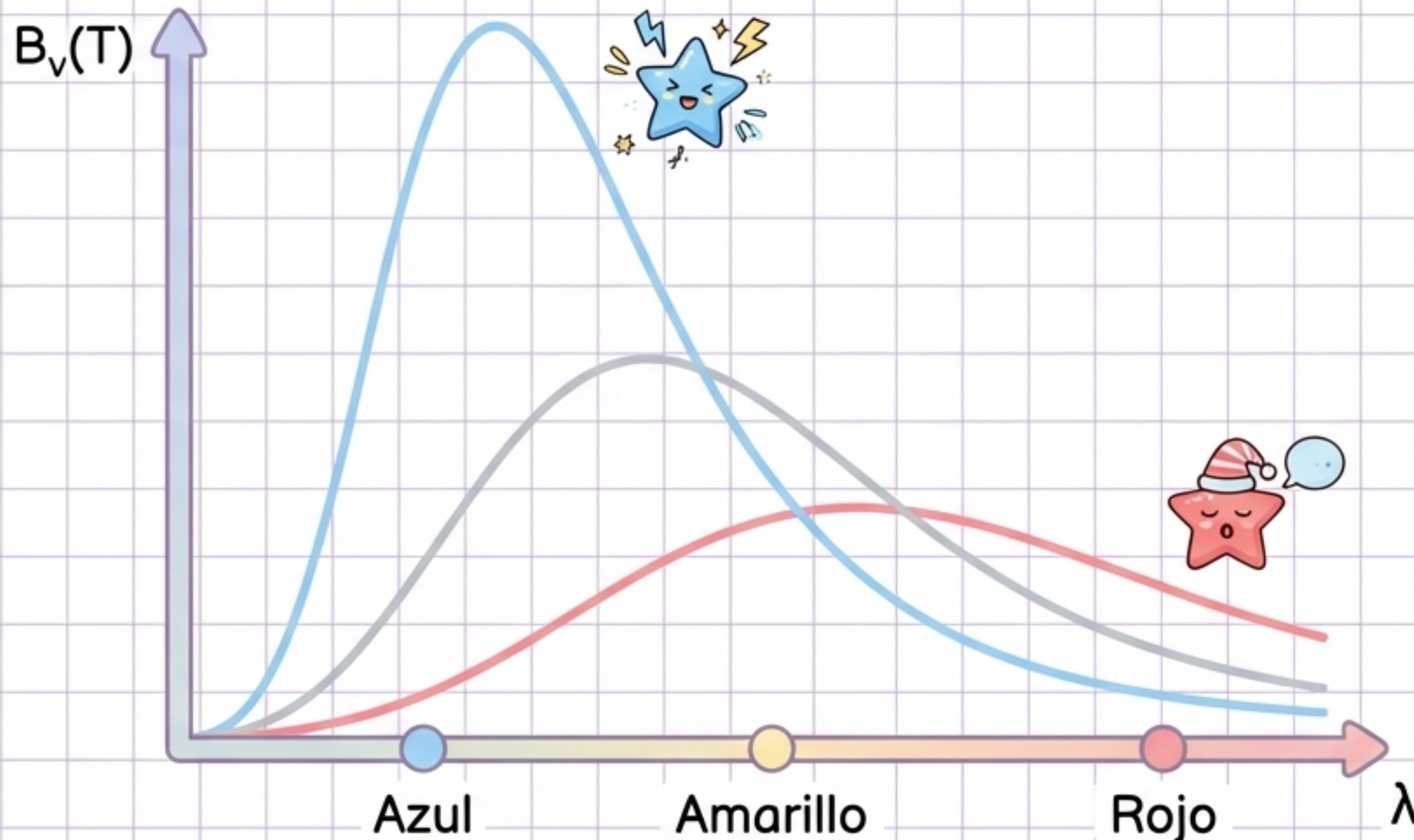
El Poder del Coseno ($\cos \theta$)



El área efectiva del detector se reduce si la luz entra de ¡Es pura geometría espacial! ✨

$$dF_{\nu}(\theta) = I_{\nu} \cos \theta d\Omega$$

El Guardarropa de las Estrellas (Cuerpo Negro) 🗑️ ⭐



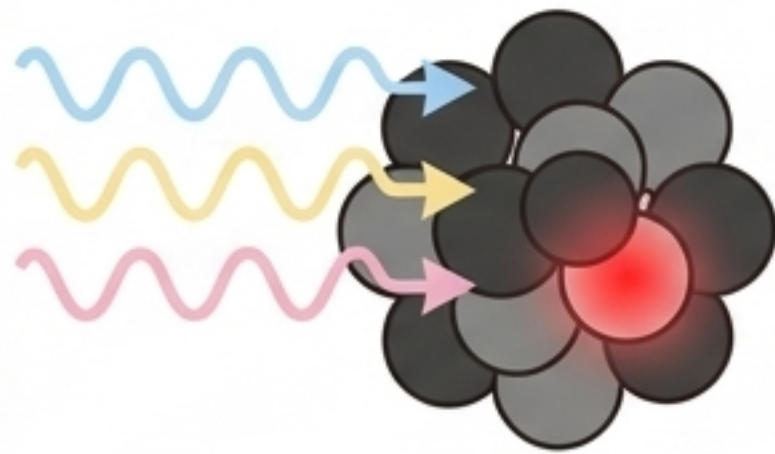
Regla de Oro:
Las curvas de distintas temperaturas NUNCA se cruzan. Una estrella caliente (azul) siempre emitirá más energía que una fría (roja) en todas las frecuencias.

Accidentes Espectrales: La Realidad

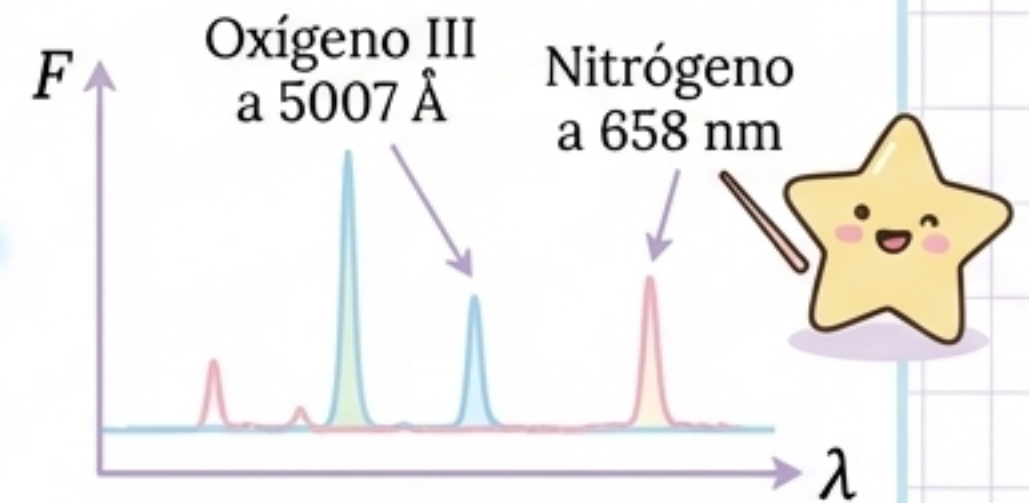
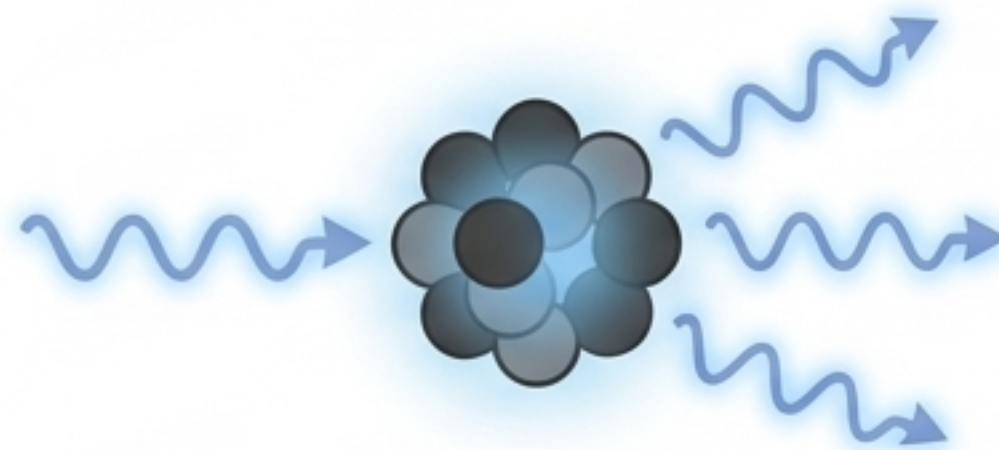


Absorción:

Sustracción de energía
(valles en el espectro).

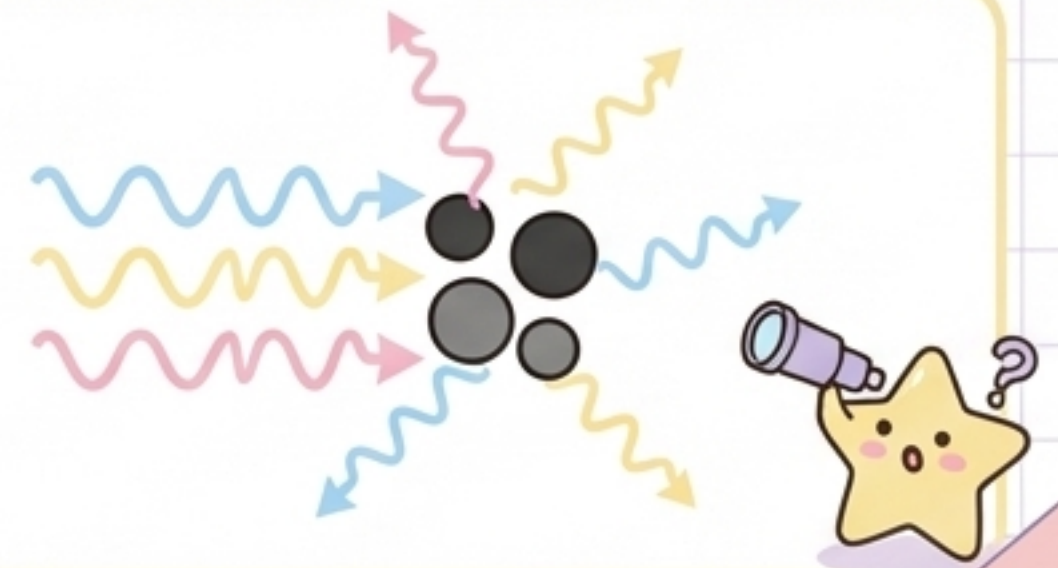


Emisión: Adición de energía al haz radiativo.



Scattering (Dispersión):

Redirección de la luz
sin destruirla.



Dinámica de la Luz: Fotones al Gimnasio 🏋️



1. Energía

$$E_\nu$$



2. Momentum

$$p_\nu = \frac{E_\nu}{c}$$



3. Fuerza

La luz no solo informa, ¡empuja! Este flujo de momentum transfiere fuerza a la materia estelar, creando presión.

La Anatomía de la Presión (P_ν)



$$P_\nu = \frac{1}{c} \int_{4\pi} I_\nu \cos^2 \theta d\Omega$$

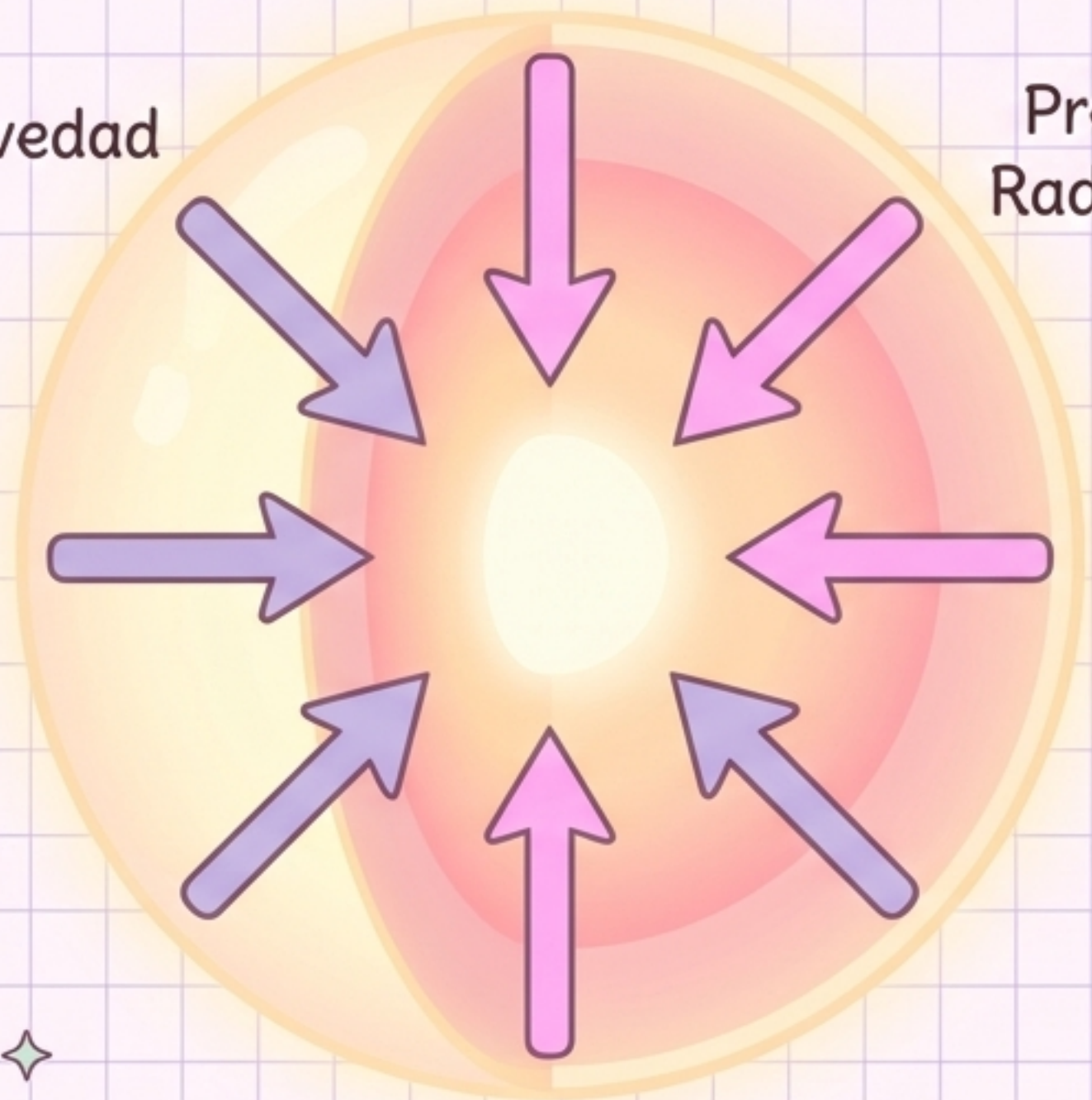
El primer coseno es por la proyección geométrica del área (¡lo vimos en la diapo 3!).

El segundo coseno es por la componente perpendicular del vector momentum (la única parte que hace presión *real* contra la superficie).

El Abrazo Interno: Equilibrio Hidrostático

Gravedad

Presión de Radiación (P)



La ruta matemática

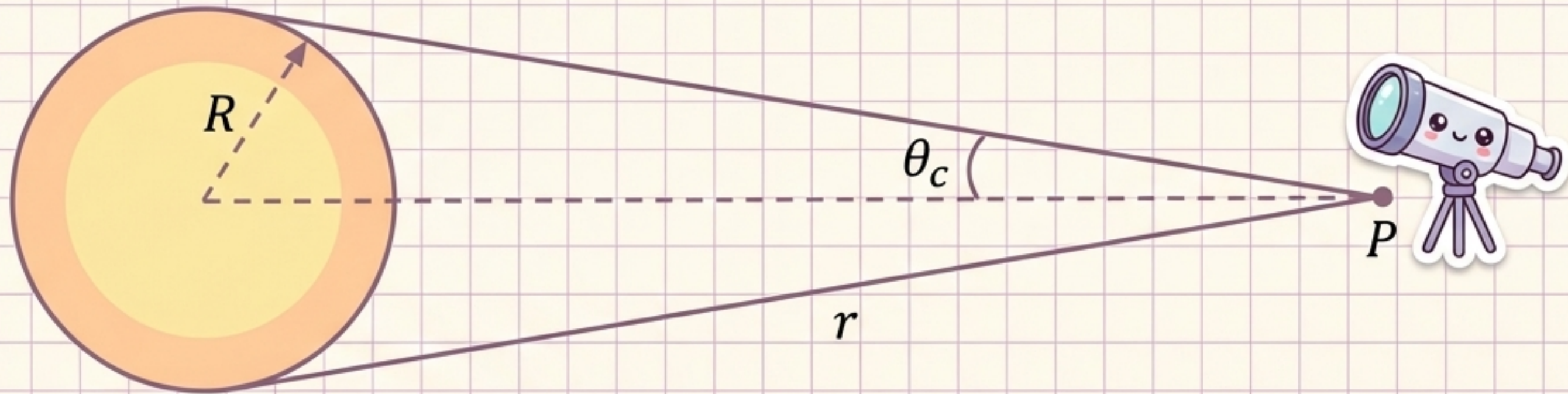
- Interior Isotrópico → Intensidad Media (J_ν)
- Densidad de energía:

$$u_\nu = \frac{4\pi}{c} J_\nu$$

$$P = \frac{1}{3} u$$

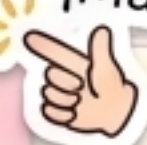
¡La presión contrarresta el colapso!

El Problema de la Observación



¿Cómo definimos la Intensidad (I_ν) en el cielo?

$$\begin{cases} I_\nu = B_\nu(T) & \text{(Solo si miramos directamente al disco estelar).} \\ I_\nu = 0 & \text{(En el resto del cielo vacío).} \end{cases}$$

 ¡Mañosa!

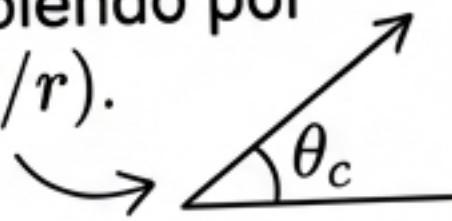
La Receta Mágica del Flujo



♥ Pasos de la Derivación ♥

Paso 1: Los Límites

Integrar el flujo solo de 0 a θ_c . Sabiendo por trigonometría que $\theta_c = \arcsin(R/r)$.



Paso 2: La Integral

Resolviendo la integral geométrica, obtenemos el flujo dependiente del ángulo:

$$F_\nu = \pi B_\nu \sin^2 \theta_c$$

Paso 3: El Gran Final

Sustituyendo el seno para distancias estelares, la trigonometría nos da la ley definitiva:

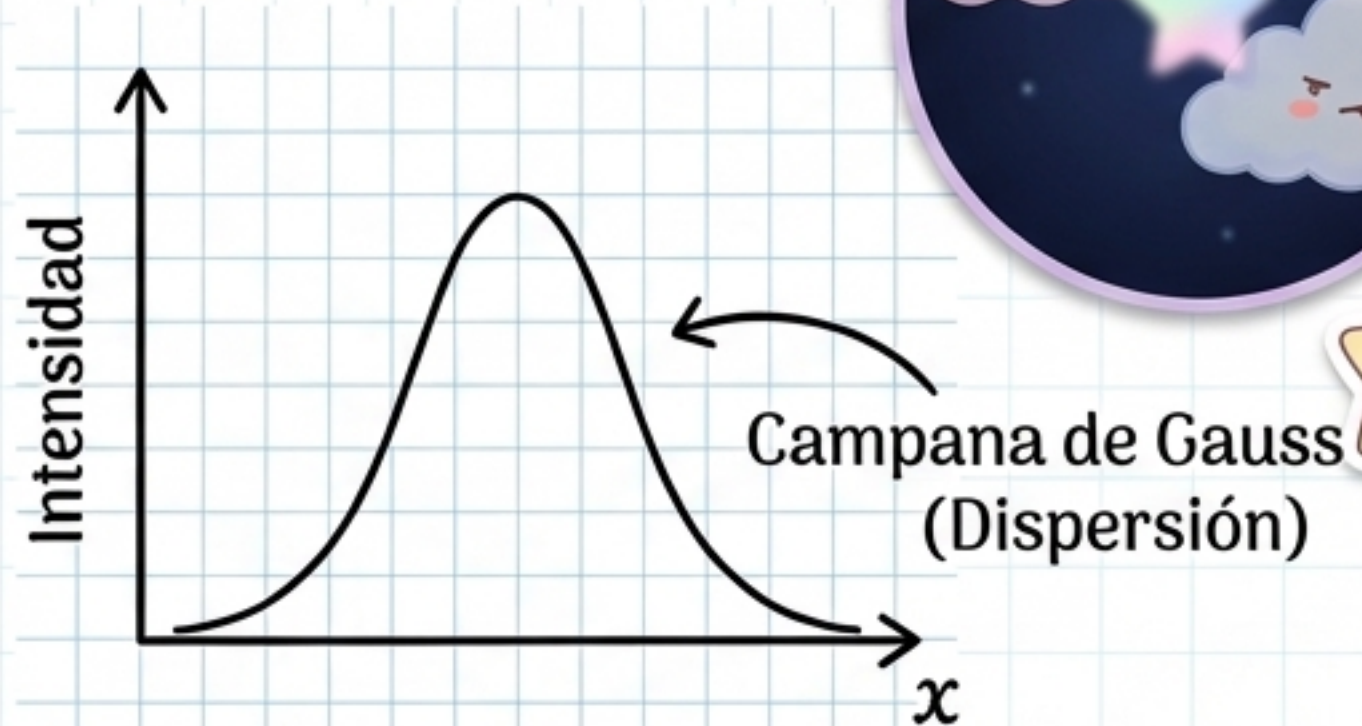
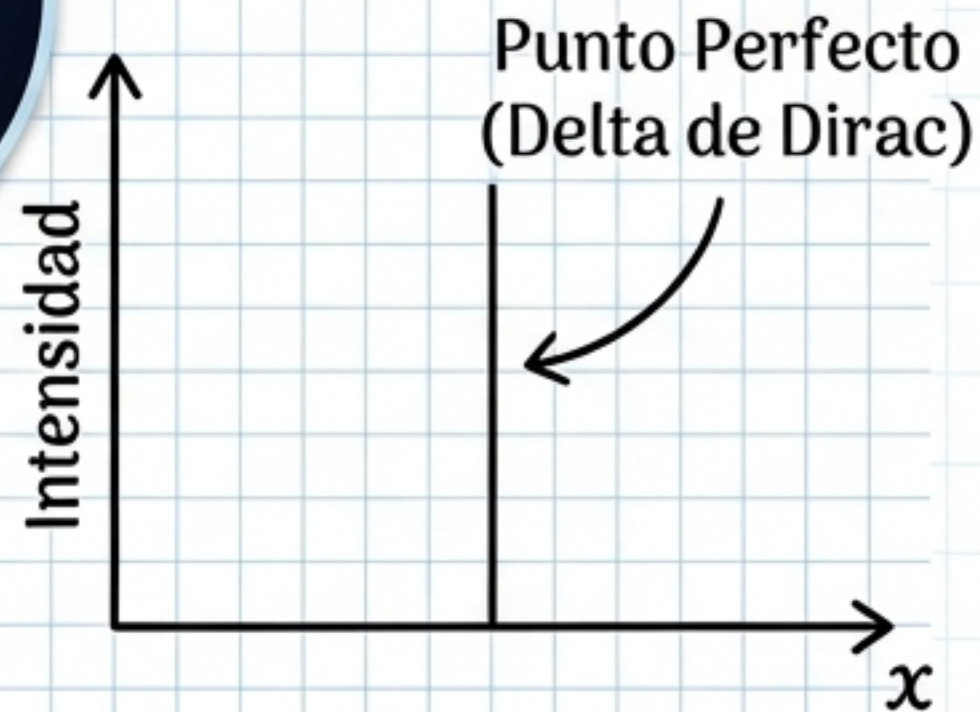
$$F_\nu = \pi B_\nu \left(\frac{R}{r}\right)^2$$

El flujo decae con el inverso del cuadrado de la distancia ($1/r^2$). ¡Magia matemática!

La Realidad Atmosférica: El Seeing

**Expectativa
(Teoría)**

**Realidad
(Tierra)**



La refracción de nuestra atmósfera “desordena” la luz. Esto dicta qué tan grandes vemos las estrellas en las imágenes fotométricas.

Guía Maestra de Fórmulas

	Concepto / Fórmula	Significado Físico	Contexto de Aplicación
1	$F_{\nu} = \int I_{\nu} \cos \theta d\Omega$	Energía neta por unidad de área.	Integración de brillo para obtener energía total.
2	$u_{\nu} = \frac{4\pi}{c} J_{\nu}$	Densidad de energía radiativa.	Relación entre intensidad media y energía local.
3	$P = \frac{1}{3}u$	Presión de radiación integrada.	Equilibrio hidrostático en interiores estelares.
4	$F = \sigma T^4$	Ley de Stefan-Boltzmann.	Flujo total en la superficie de la estrella.
5	$F_{\text{rec}} = F_{\text{sup}} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^2$	Dilución geométrica del flujo.	Cálculo de distancias y radios en fotometría.

¡Listas para aprobar Astrofísica!