



Transferencia Radiativa: Apuntes de Astrofísica

El viaje de la luz a través del cosmos ✨

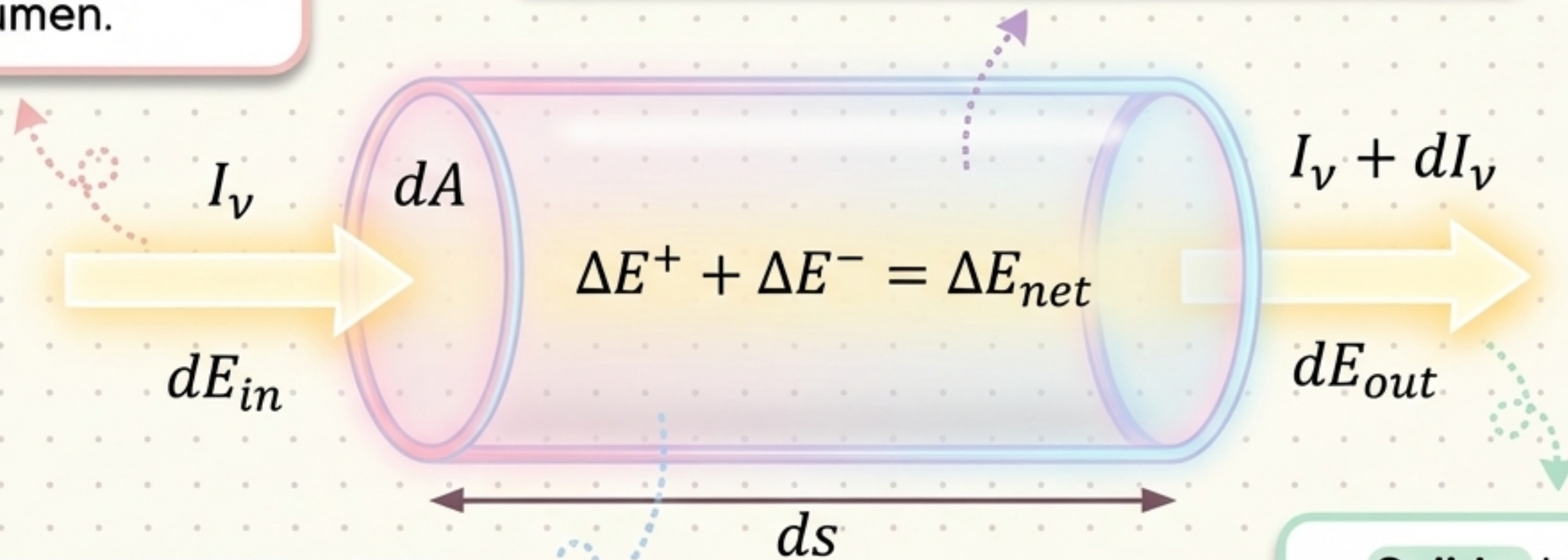
Ecuaciones, partículas y la historia de cómo viaja la energía. (Nivel Universitario).



El Escenario: Un rayo de luz cruza el espacio ✨

Entrada: Intensidad Específica (I_ν) entra al volumen.

El Misterio: ¿Qué le pasa a la luz adentro?
¿Gana energía (ΔE^+) o pierde energía (ΔE^-)?



El Cilindro: Un pedacito de espacio de largo ds y área dA .

Salida: La nueva intensidad ($I_\nu + dI_\nu$).

1. Procesos de Emisión (Añadiendo Energía 💖)

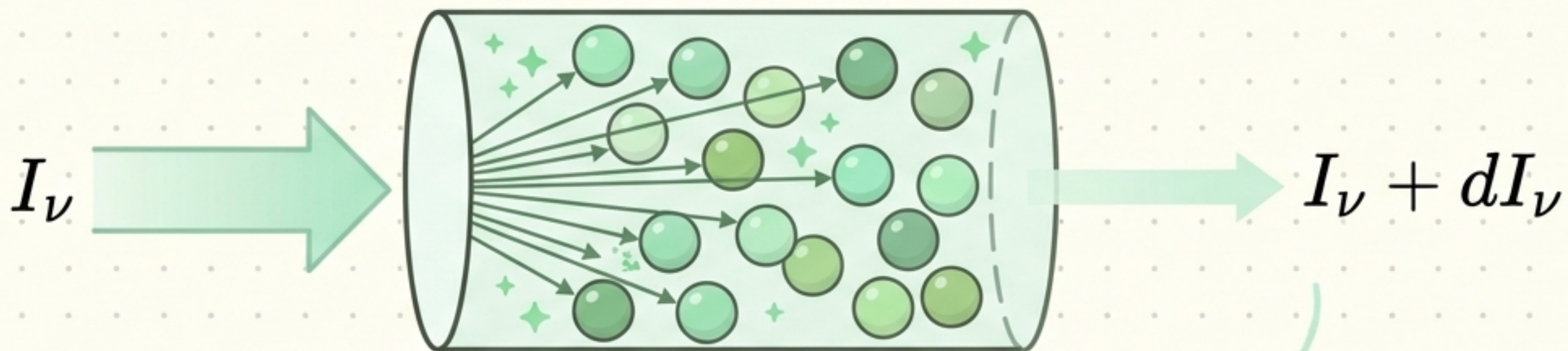


$$dI_\nu^+ = j_\nu ds$$

j_ν : Coeficiente de emisión.

¿Qué significa?: El medio está “brillando” y aportando nueva radiación al haz original. Aumenta la intensidad.

2. Procesos de Absorción (Restando Energía 🍹)



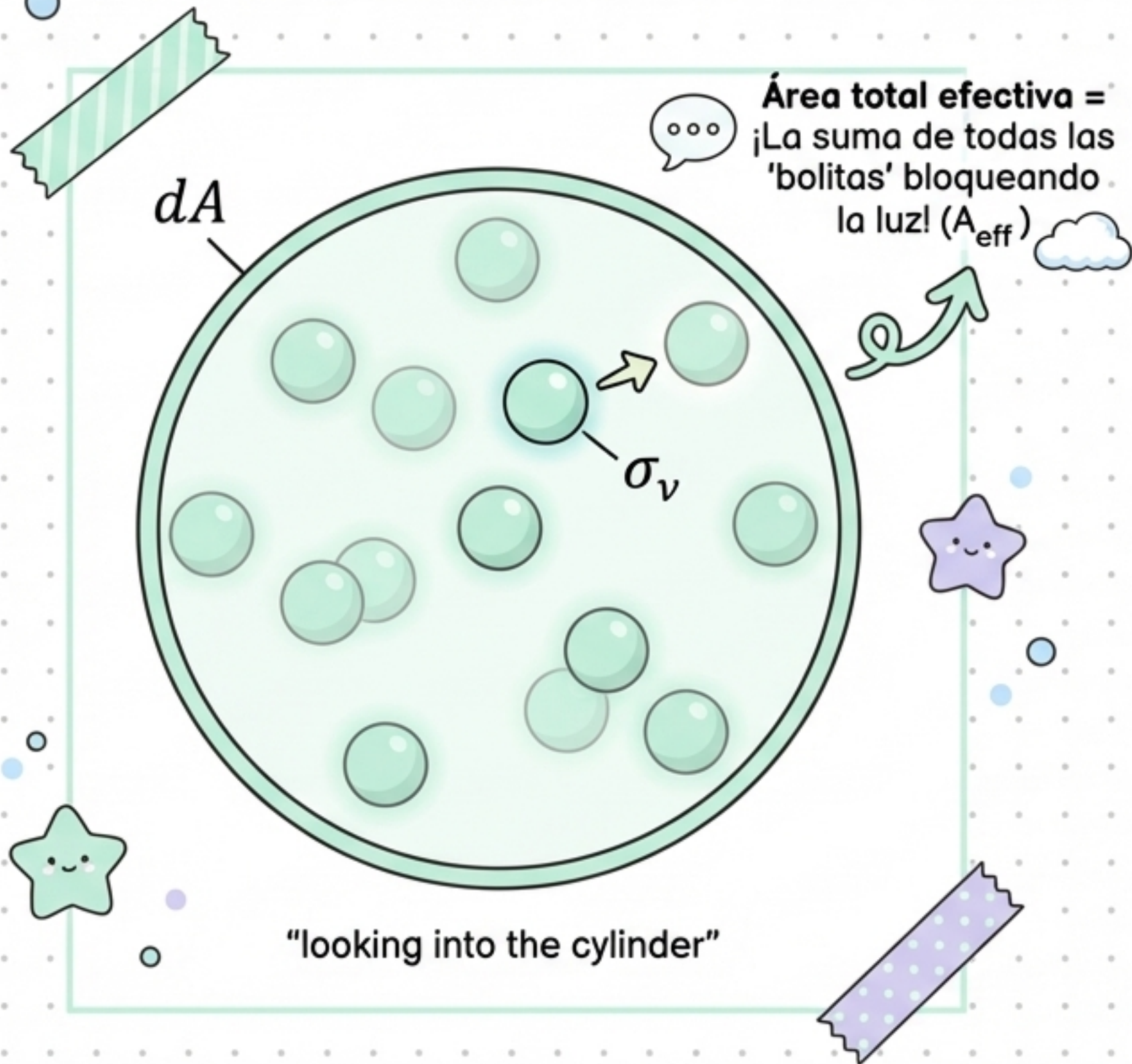
$$dI_\nu^- = -\alpha_\nu I_\nu ds$$

🍹 α_ν : Coeficiente de absorción.

Unidades: $[\alpha_\nu] = \text{cm}^{-1}$. ¡Es 1 partido por distancia!

¿Qué significa?: Parte de la intensidad incidente es bloqueada o absorbida por el material. Depende de cuánta luz entraba inicialmente (I_ν).

¿De qué depende la absorción (α_v)?

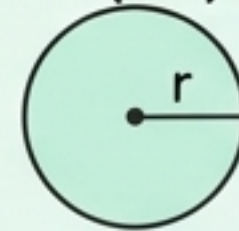


La Ecuación Clave

$$\alpha_v = n \sigma_v$$

n (Densidad de partículas): ¿Cuántas 'bolitas' hay en total por cm^3 ? ¡Más partículas = más bloqueos!

σ_v (Sección eficaz): El área transversal de la partícula. ¿Qué tan 'gorditas' son? No es la superficie de una esfera, es cómo se ven de frente (πr^2).





Resumen: La fracción del área total bloqueada determina cuánta luz se pierde.

¡Ojo con la Notación!

Física/Astro

Fórmula: $\alpha_v = n \sigma_v$

 n : Partículas por unidad de volumen (cm^{-3}).

 σ_v : Superficie eficaz (cm^2).


Se basa en cuántas "bolitas" hay y qué tan "gorditas" son.

$$\alpha_v = n \sigma_v = \rho \kappa_v$$



Ojo con los libros de Estelar

Fórmula: $\alpha_v = \rho \kappa_v$

 ρ : Masa por unidad de volumen (g/cm^3).

κ_v κ_v : Opacidad (cm^2/g).

Usa la densidad de masa total y la opacidad del material.

¡Ambas calculan α_v , pero mezclarlas es un error fatal en el examen!

La Ecuación Maestra: Transferencia Radiativa

$$\frac{dI_\nu}{ds} = -\alpha_\nu I_\nu + j_\nu$$

Cómo cambia la intensidad de la luz al avanzar una distancia ds .

$$\left(\frac{dI_\nu}{ds}\right) = -\alpha_\nu I_\nu + j_\nu$$

Lo que se pierde
(Término de hundimiento
/ Absorción).

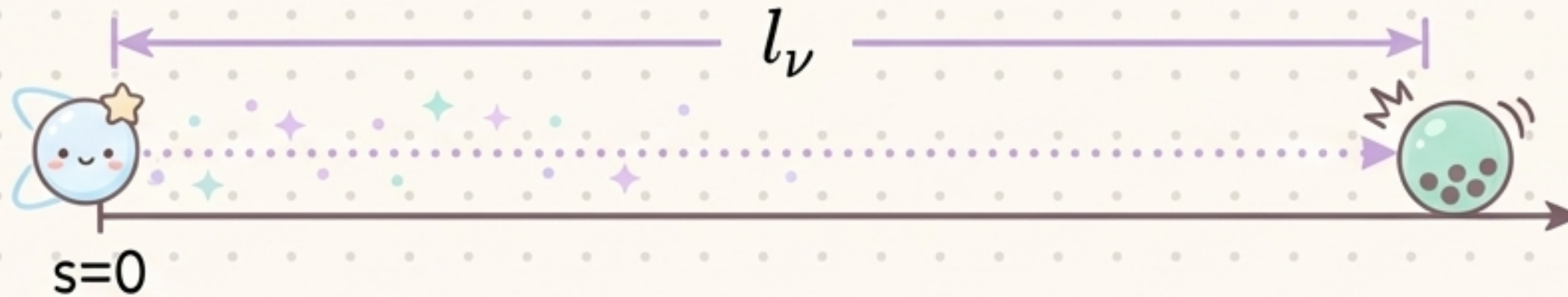
Lo que se gana
(Término fuente
/ Emisión).

Camino Libre Medio (l_ν)

$$l_\nu = \frac{1}{\alpha_\nu}$$

Characteristic distance scale!

¿Qué es?: La distancia promedio que viaja un fotón antes de chocar o ser absorbido.



Mini-Ejemplo

Aire limpio (Luz visible):
 α_ν es enano $\rightarrow l_\nu$ es gigante (kilómetros).
¡El medio es transparente!



Aire con Smog (o en Infrarrojo):
 α_ν es alto $\rightarrow l_\nu$ es cortito.
¡El medio es opaco!



Caso Especial 1: Emisión Pura

Condición: $\alpha_\nu = 0$ (No hay obstáculos, solo brillo).



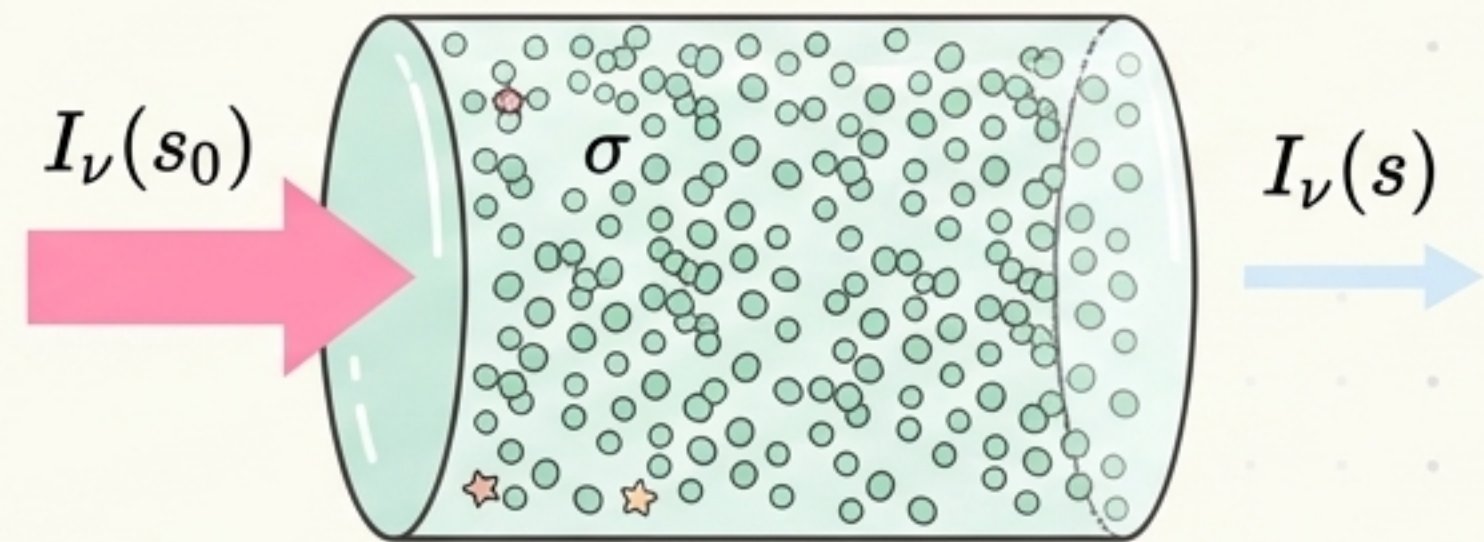
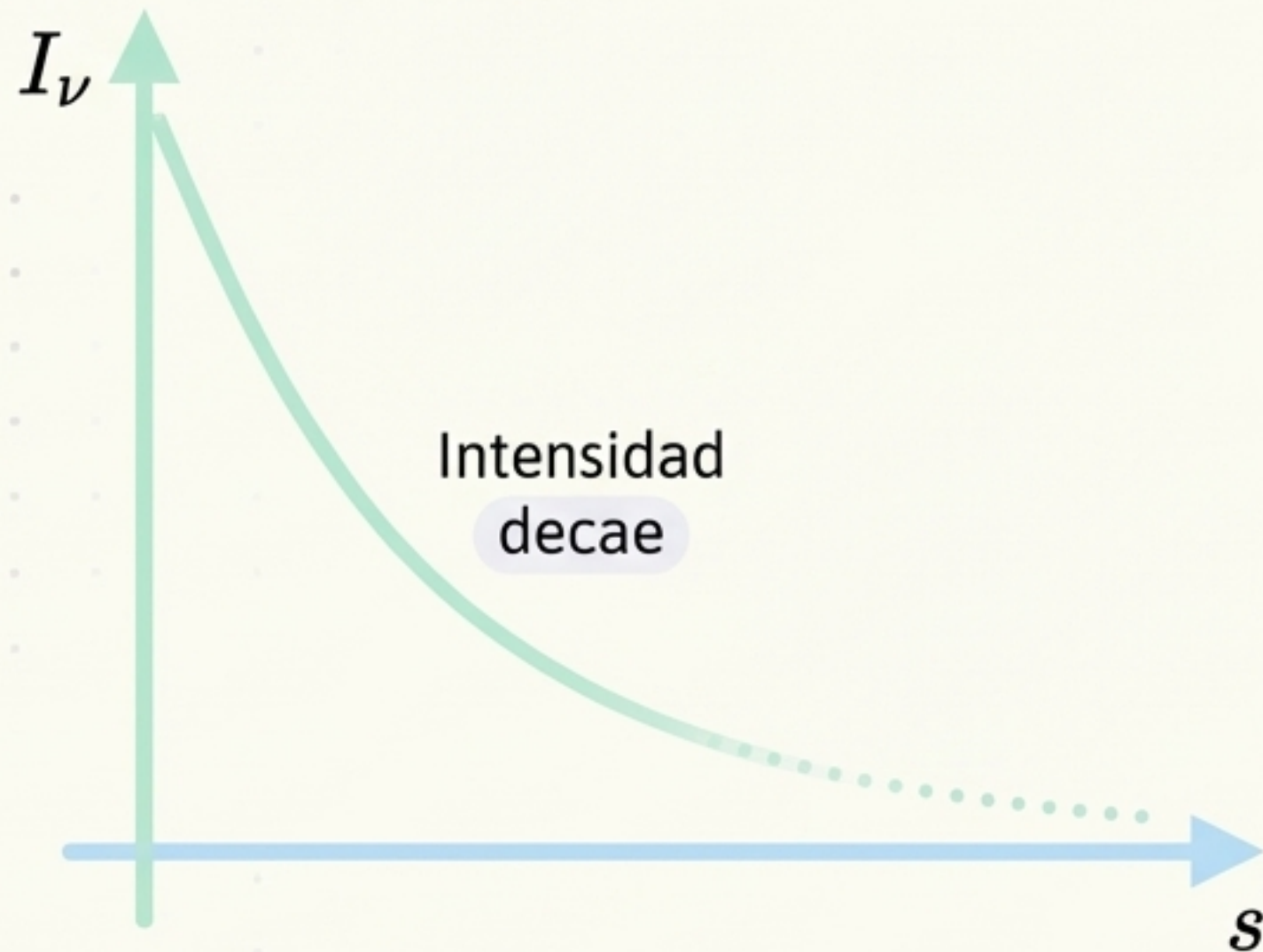
$j_\nu(s')$

$$I_\nu(s) = I_\nu(s_0) + \int j_\nu(s') ds'$$

La intensidad es simplemente la luz inicial MÁS la suma de todos los pedacitos de nube que van emitiendo luz en el camino.

Caso Especial 2: Absorción Pura

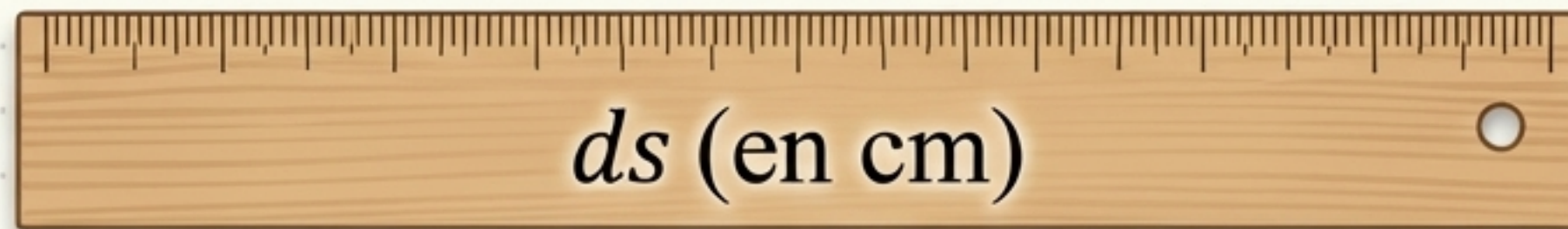
Condición: $j_\nu = 0$ (El medio es oscuro, solo roba energía).



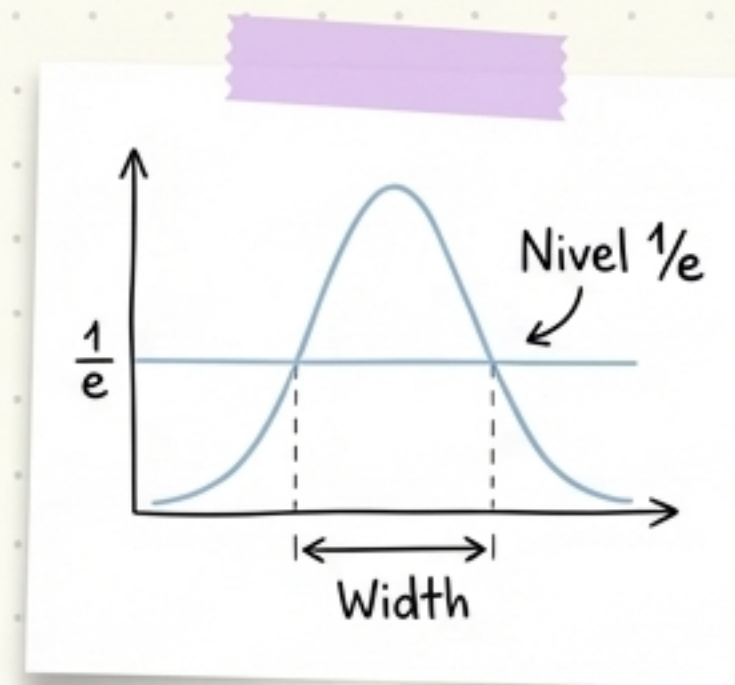
$$I_\nu(s) = I_\nu(s_0) \exp \left[- \int_{s_0} \alpha_\nu(s') ds' \right]$$

La luz decae de forma exponencial a medida que avanza por el medio oscuro.

La Regla Universal: Profundidad Óptica (τ_v)



$$d\tau_v = \alpha_v ds \Rightarrow \tau_v = \int \alpha_v ds$$



¿Por qué inventarla?:

Porque medir en "centímetros" no nos dice si la luz pasará o no. Un centímetro de plomo no es igual a un centímetro de aire.





Adimensional: τ_v nos dice cuántos "caminos libres medios" atravesó la luz.






La Escala Mágica ($\tau = 1$): Ocurre cuando la intensidad original ha caído exactamente por un factor de $1/e$.

Diagnóstico del Medio: Grueso vs. Delgado



Medio Ópticamente Grueso

Matemática: $\tau_v \gg 1$  



Probabilidad: Es casi seguro que el fotón será absorbido. 

Ejemplos del Profe: Neblina  densa, Smog intenso, Aire terrestre en el Infrarrojo Medio. 

Medio Ópticamente Delgado

Matemática: $\tau_v \ll 1$  

Probabilidad: Los fotones escapan libremente. 

Ejemplos del Profe: Aire limpio en luz visible. ¡Podemos ver kilómetros a la distancia!  

El Equilibrio Elegante: Función Fuente (S_ν)



$$S_\nu = \frac{j_\nu}{\alpha_\nu}$$

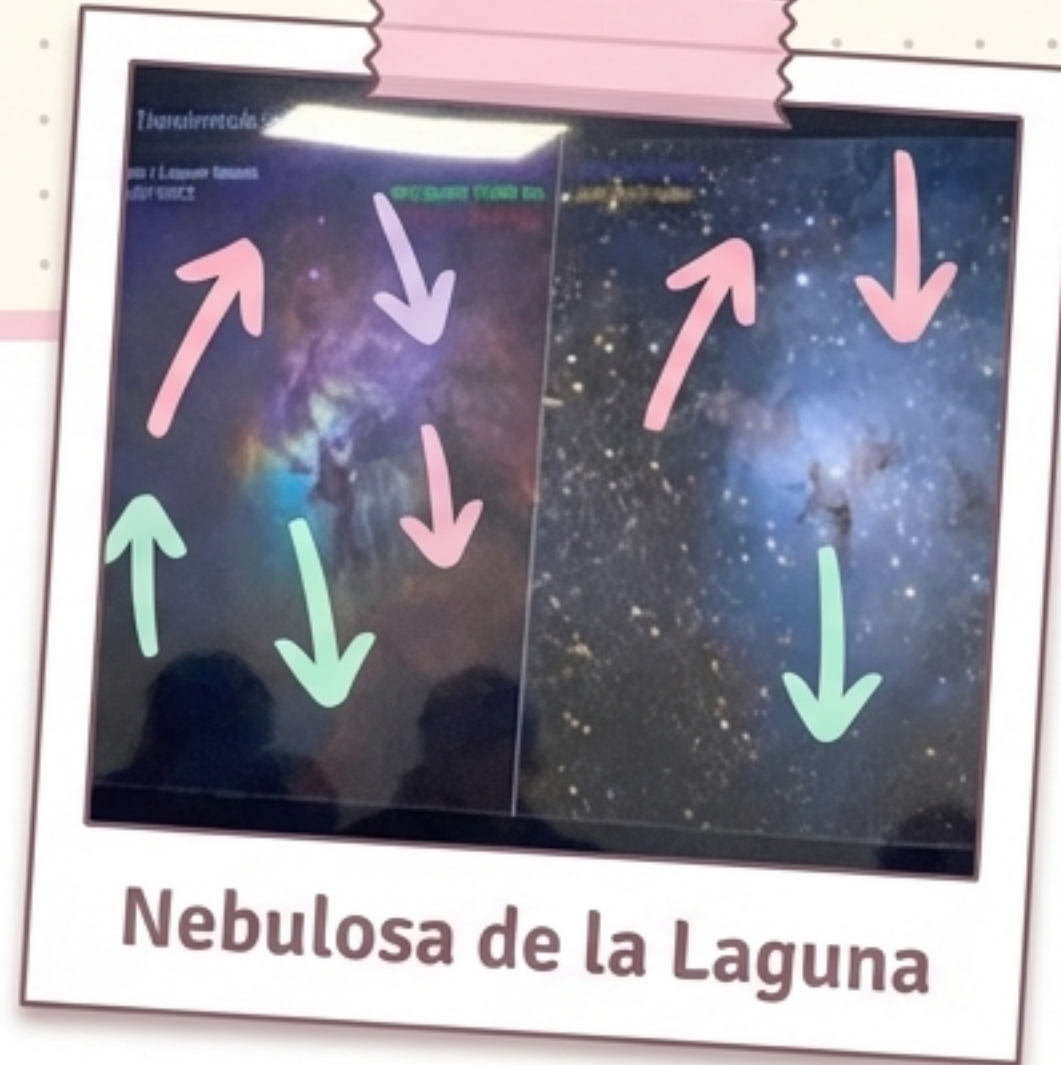
- Combina los procesos de emisión y absorción en una sola cantidad estelar.
- Forma Formal de la Ecuación: $\frac{dI_\nu}{d\tau_\nu} = -I_\nu + S_\nu$
- Spoiler Alert: En Equilibrio Termodinámico, ¡ S_ν se convierte exactamente en la famosa Función de Planck (cuerpo negro)!

Astrofísica Aplicada 📷



Smog de Santiago

Smog de Santiago: Gana la Absorción (α_v). La intensidad de la cordillera se pierde exponencialmente. Camino libre medio muy corto.



Nebulosa de la Laguna

Nebulosa de la Laguna: Interacción Compleja. Algunas zonas emiten radiación propia (j_v domina), otras nubes oscuras bloquean la luz de estrellas traseras (α_v domina).

Resumen para el Examen 📝 (Guarda este apunte)



¡Todo es una suma matemática entre lo que la luz pierde y lo que el cosmos le regala en su viaje! ✨+*