





# Astrofísica Kawaii ✨

Interacción Luz-Materia y Transferencia Radiativa



Apuntes universitarios  
detallados para entender  
el cosmos (y sobrevivir  
al examen) 🌸



Módulo: Medio Interestelar | Nivel: Universitario

# La Tríada del Cosmos:

## ¿Qué le pasa a la luz?

Luz = Fotones ✨

Cosmic Notes!

Studygram ♥

### Scattering (Dispersión)



- La luz choca y se desvía en múltiples direcciones.
- Ej: Polvo zodiacal, arena de alta reflexibilidad (albedo).

### Absorción



- La partícula absorbe el fotón y su energía térmica aumenta.
- Ej: Polvo oscureciendo estrellas de fondo.

### Emisión



- Liberación de fotones (térmica o por desexcitación).
- Regla: Todo objeto a  $> 0$  K brilla (¡el universo tiende a 2.7 K!).

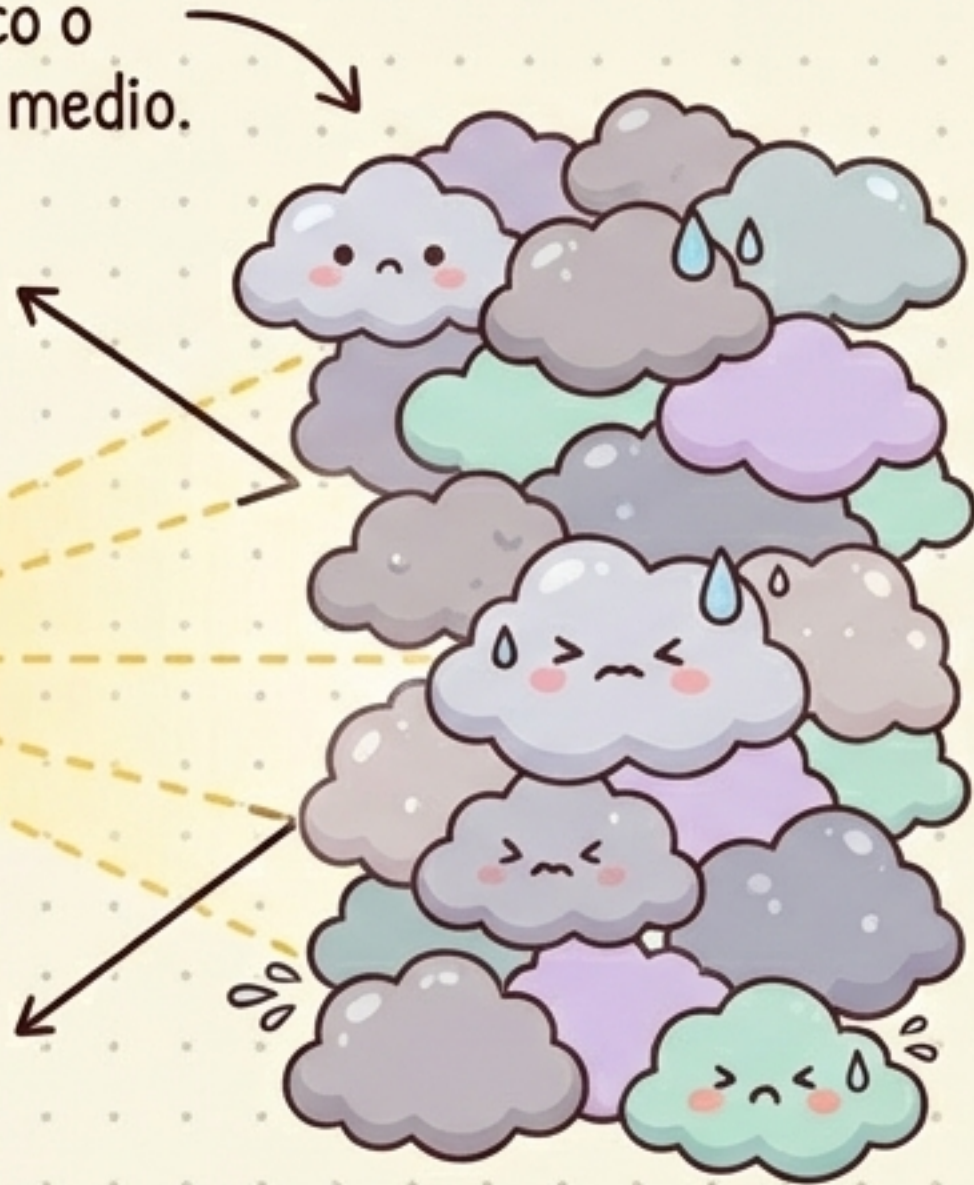
# ¿Qué tan nublado está el espacio?

Cosmic Notes!

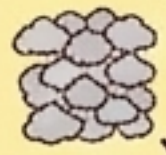


Luz = Fotones ✨


Studygram ❤️

Profundidad Óptica ( $\tau$ ):  
Define qué tan opaco o transparente es un medio.



Los 3 Factores Clave:

1. Densidad ( $n$ ): Más partículas = más choques. (Analogía: la densa capa de smog). 
2. Tamaño: Las partículas micrométricas bloquean distinto al gas fino. 
3. Camino Recorrido ( $dds$ ): Mayor distancia = mayor probabilidad matemática de interacción. 

 **Conclusión:** Mientras más denso y largo es el camino, la probabilidad de que un fotón cruce sin chocar tiende a cero.

# Anatomía de una Nebulosa: Filtros Narrowband



💙 Azul (502 nm) → [O III]  
(Oxígeno doblemente ionizado).

💚 Verde (656 nm) →  $H\alpha$  (Hidrógeno  
excitado). ¡Domina visualmente la imagen!

💛 Rojo (658 nm) → [N II] (Nitrógeno  
ionizado).

¿De qué están hechos  
estos colores mágicos?  
Observamos bandas  
estrechas para aislar  
elementos excitados por  
estrellas jóvenes.

💡 ¡Ojo! El color no siempre indica abundancia total,  
¡el hidrógeno es el ~99.9% de la nube molecular!

# Curiosidad Cuántica:

## Las Líneas "Prohibidas" [ ]

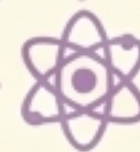


♥ ¿Por qué O III y N II llevan corchetes [ ] pero  $H\alpha$  no?

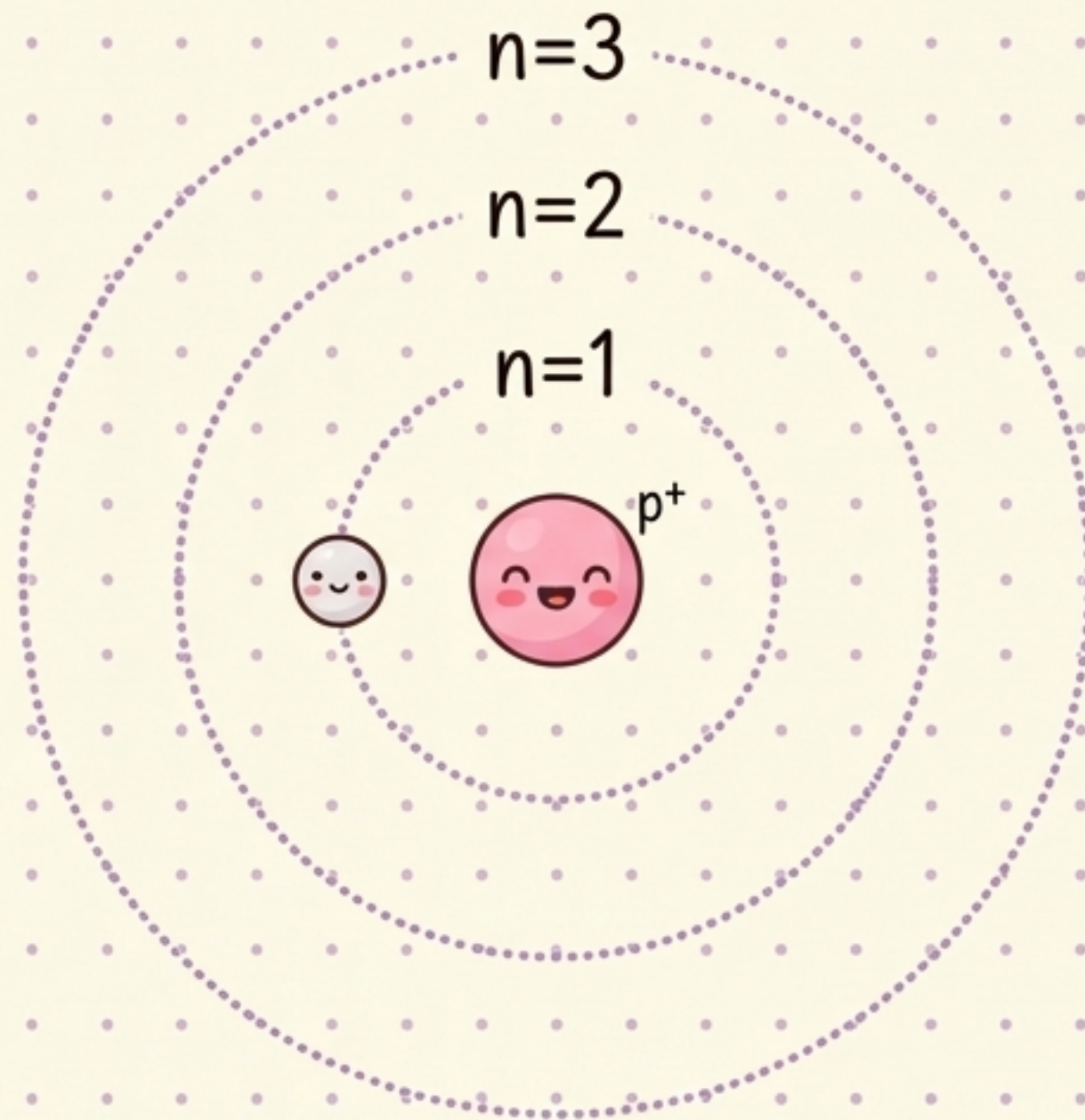
- ♥ • Significan Líneas Espectrales Prohibidas.
- ♥ • No ocurren naturalmente en la Tierra.
- ♥ • Solo se forman en los laboratorios de ultra-baja densidad del espacio exterior.
- ♥ • Los átomos están tan aislados que tienen tiempo de desexcitarse espontáneamente sin chocar con otros átomos que interrumpirían el proceso.

[O III] = Oxígeno al que le faltan 2 electrones (O I es el estado neutro).

# Anatomía Cuántica del Hidrógeno



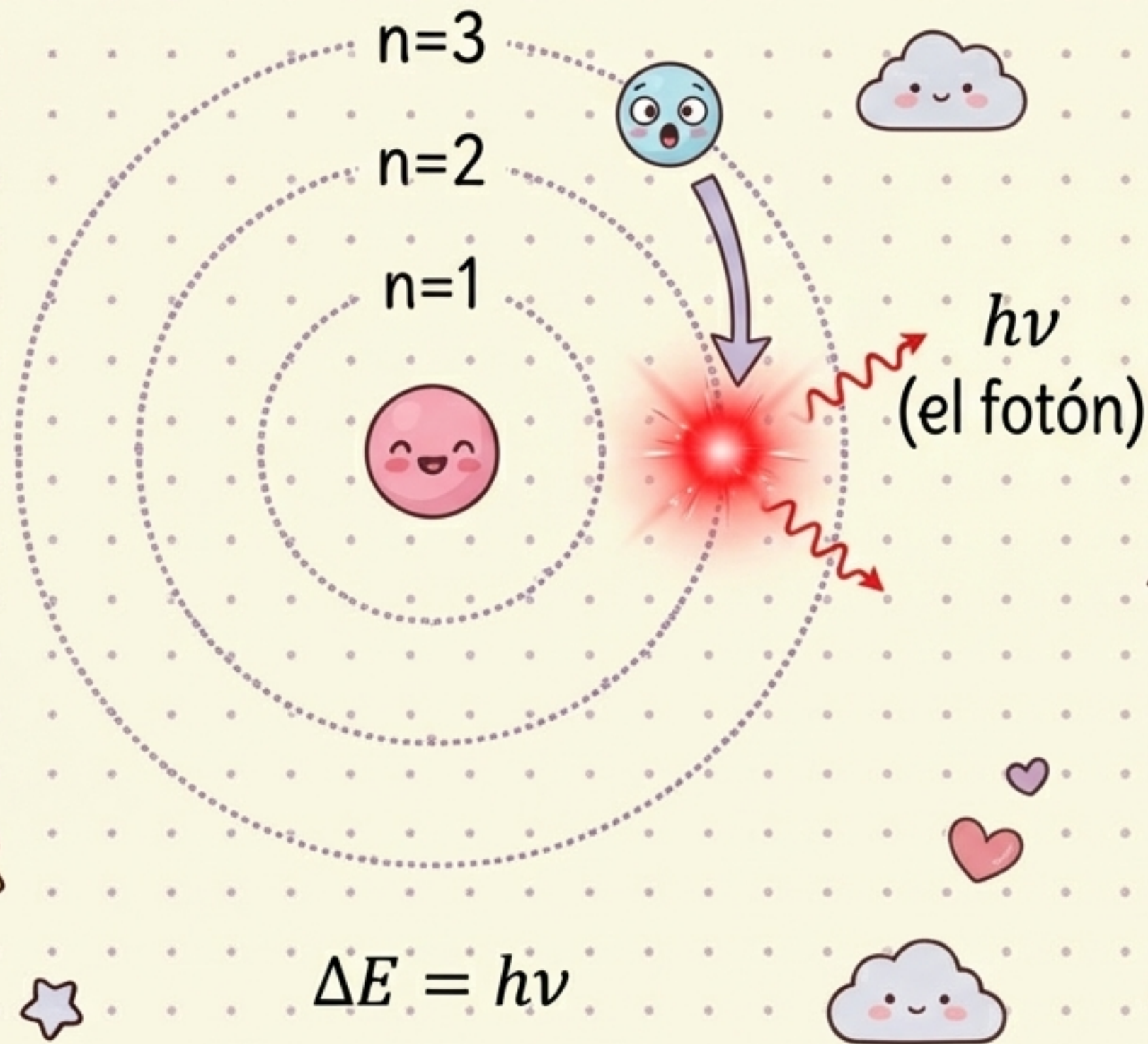
¡1 protón + 1 electrón!  
(Si tuviera un neutrón, sería Deuterio, ¡otro elemento!)



$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

¡Sácate de la cabeza que son órbitas planetarias! Son niveles de energía. Mientras más lejos del centro (mayor  $n$ ), más energía tiene el estado.

# Saltos de Energía = ¡Nace un Fotón!



## El Famoso $H\alpha$

Es exactamente la transición desde  $n = 3$  hasta  $n = 2$ .  
Produce luz roja a 656 nm.

## Las Series Familiares:

- **Lyman:** Terminan en  $n = 1$  (Luz UV, hiper energéticas).
- **Balmer:** Terminan en  $n = 2$  (¡Las únicas visibles al ojo humano!  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ).
- **Paschen:** Terminan en  $n = 3$  (Infrarrojo).

# Polvo Cósmico: El Poder de la Longitud de Onda ( $\lambda$ )

## Luz Visible / Azul



- $\lambda$  Corta (ej.  $0.44 \mu\text{m}$ ).
- Altísima probabilidad de chocar con el polvo.
- Resultado: El medio es opaco. Las estrellas de fondo desaparecen.

Nota: Por esto los astrónomos aman el Infrarrojo para estudiar zonas de formación estelar ocultas.

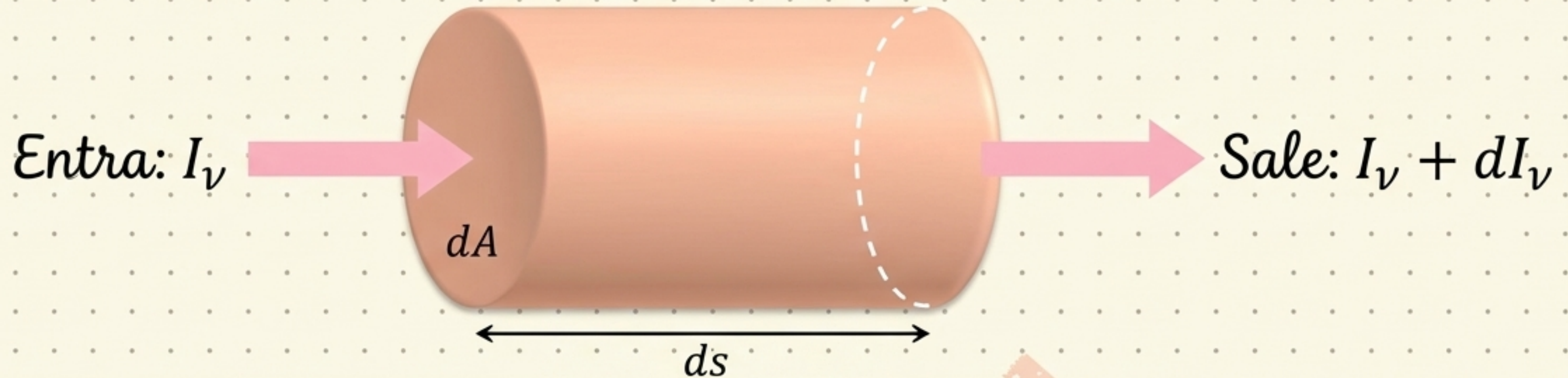
## Luz Infrarroja / Roja



- $\lambda$  Larga (ej.  $2.16 \mu\text{m}$ ).
- La onda es muy larga; interactúa poco con las partículas diminutas.
- Resultado: Medio transparente. ¡Aparecen las estrellas ocultas!

# Intro a Transferencia Radiativa (¡Matemáticas Amigables!) 🧮

Queremos calcular cuánta luz atraviesa la materia.  
Para no volvernos locos, usamos coordenadas cilíndricas.



## El Cilindro Diferencial

- Entra: Intensidad específica ( $I_\nu$ ).
- El Volumen ( $dV$ ): Área de la tapa ( $dA$ )  $\times$  Largo del camino ( $ds$ ).
- Sale: Lo que entró  $\pm$  la energía que sumó o restó la materia adentro.

# La Ecuación de Emisión Espontánea

## Paso 1: El Coeficiente ( $j_\nu$ )

Ignoremos la absorción. Definimos  $j_\nu$  como la energía emitida naturalmente por unidad de volumen, ángulo, área y tiempo.

## Paso 2: Construyendo la Energía

La energía inyectada total es:

$$dE = j_\nu \cdot (dA \cdot ds) \cdot dt \cdot d\nu \cdot d\Omega$$

## Paso 3: La Ecuación Maestra

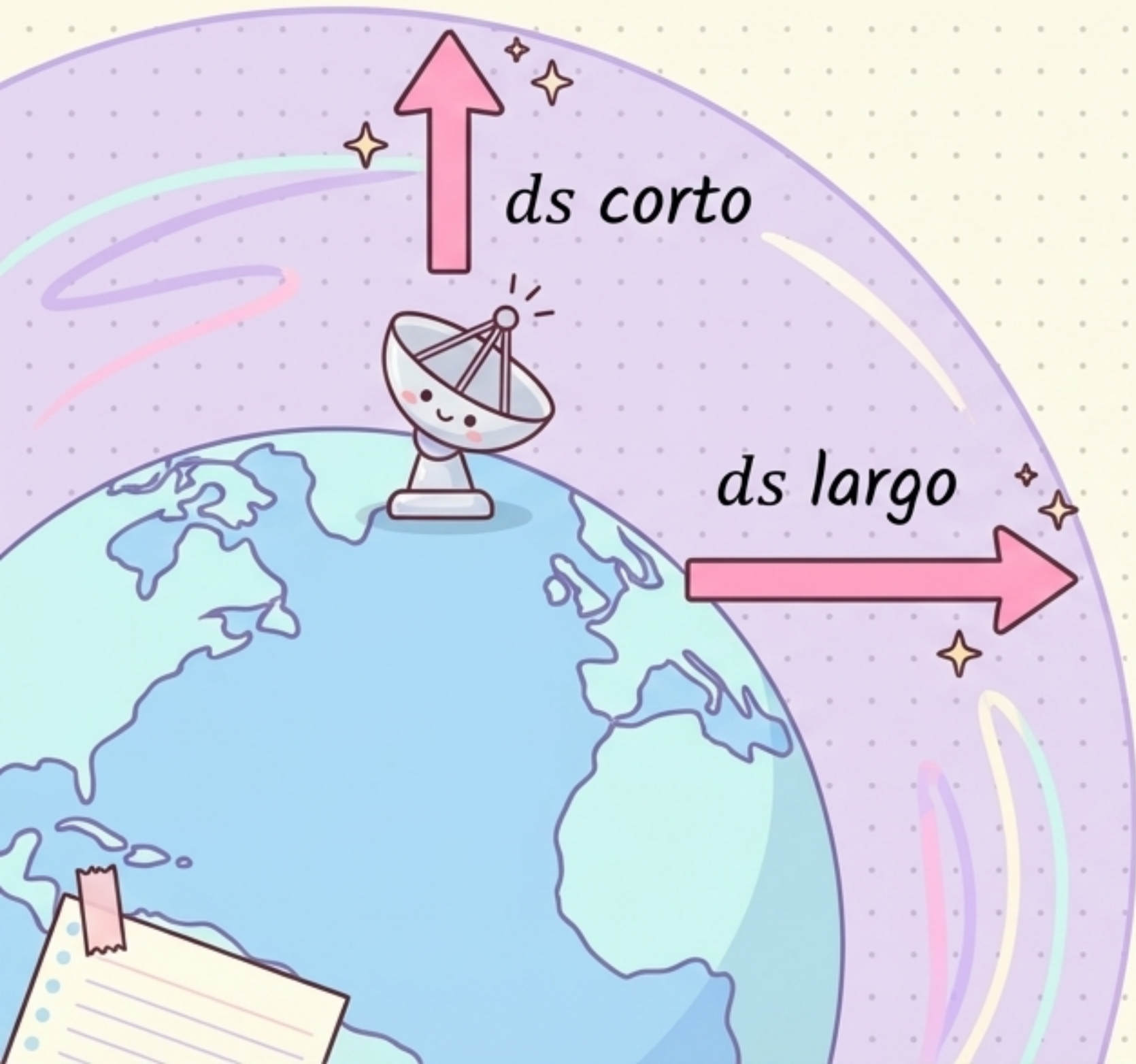
Simplificando diferenciales, llegamos a la fórmula clave:

$$dI_\nu = j_\nu \cdot ds$$

Traducción: ¡El cambio en la luz ( $dI_\nu$ ) solo depende de cuánto brilla el gas ( $j_\nu$ ) multiplicado por la distancia que atraviesa la luz ( $ds$ )! 😊✨



# Aplicación: El Telescopio y el Horizonte



## El Misterio:

Si medimos el cielo en radio, ¿por qué recibimos más ruido atmosférico al mirar al horizonte que al cenit?

## La Física (usando $dI_\nu = j_\nu \cdot ds$ ):

- 👉 **Mirar Arriba (Cenit):** El camino ( $ds$ ) por la atmósfera es corto. Poco  $ds$  = poca luz sumada.
- 👈 **Mirar al Horizonte:** La línea visual cruza MUCHA más atmósfera. Mayor  $ds$  = matemáticamente integramos más emisión ( $j_\nu \cdot ds$ ).

💖 **Conclusión: ¡La física a veces es pura geometría!** 💖

## Resumen Perfecto (Studygram Checklist) 📝 🌸



**Luz vs Materia:** Scattering (rebota), Absorción (se la come), Emisión (brilla).



**Opacidad ( $\tau$ ):** Depende de la densidad, el tamaño del polvo y el largo del camino.



**Espectroscopía:** Colores como  $H\alpha$  son saltos cuánticos ( $n = 3 \rightarrow 2$ ). Las series llevan nombres (Lyman, Balmer, Paschen).



**Regla Infrarroja:** A mayor longitud de onda ( $\lambda$ ), menos le afecta el polvo interestelar.



**Transferencia Radiativa:** El cambio de intensidad depende del coeficiente de emisión y el largo del recorrido ( $dI_\nu = j_\nu \cdot ds$ ).

🌌 ¡Estás lista/o para conquistar el cosmos cuántico! 🌠