

Campos Radiativos: Una Guía de Estudio

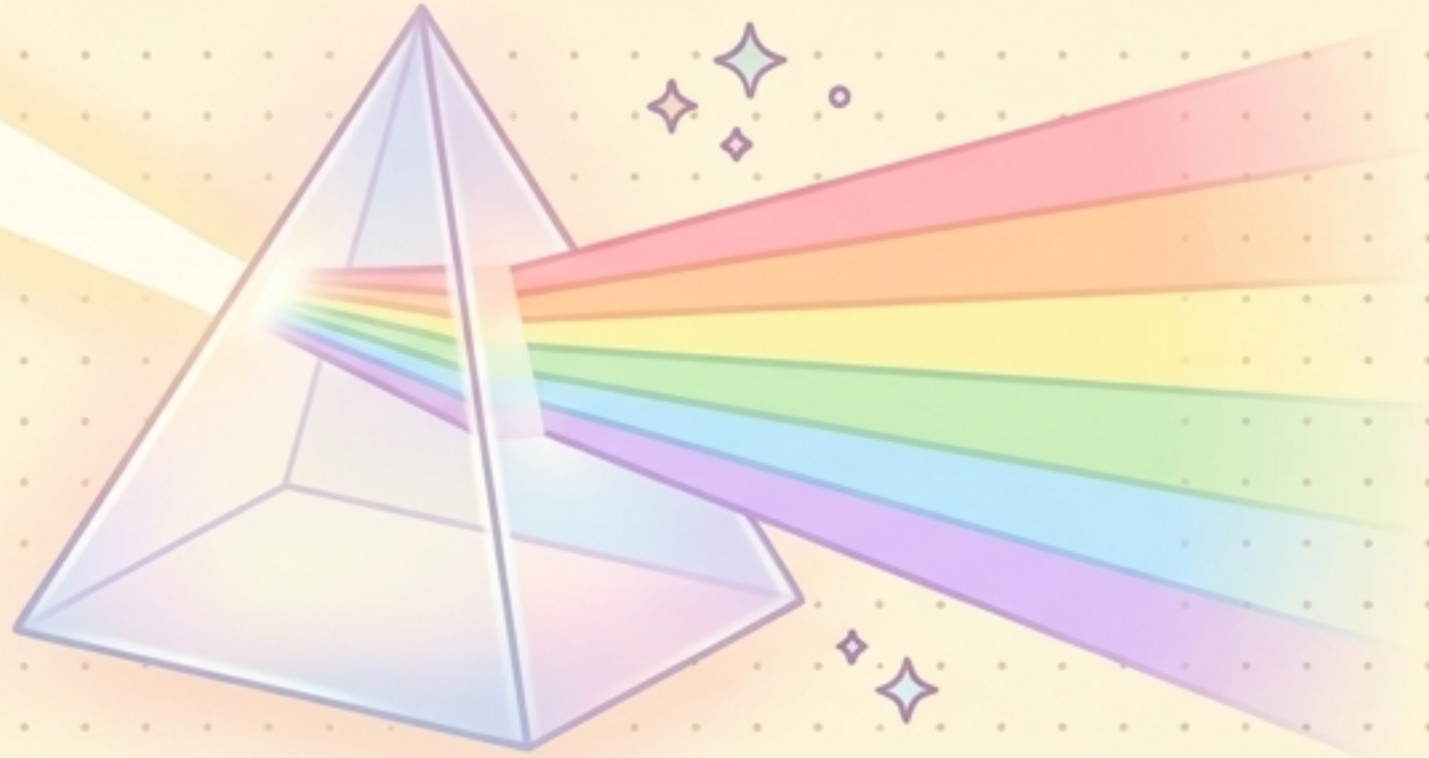


Desmitificando el flujo, la intensidad y la presión
(con mucho color y rigor matemático).

La radiación no es solo luz; es energía y momento
fluyendo por el espacio. En esta guía, construiremos
paso a paso la anatomía matemática de la luz, desde
un rayo microscópico hasta las fuerzas macroscópicas.
macroscópicas.



La Base: La Luz no es de un solo color



Un campo radiativo está formado por múltiples rayos de diferentes frecuencias.

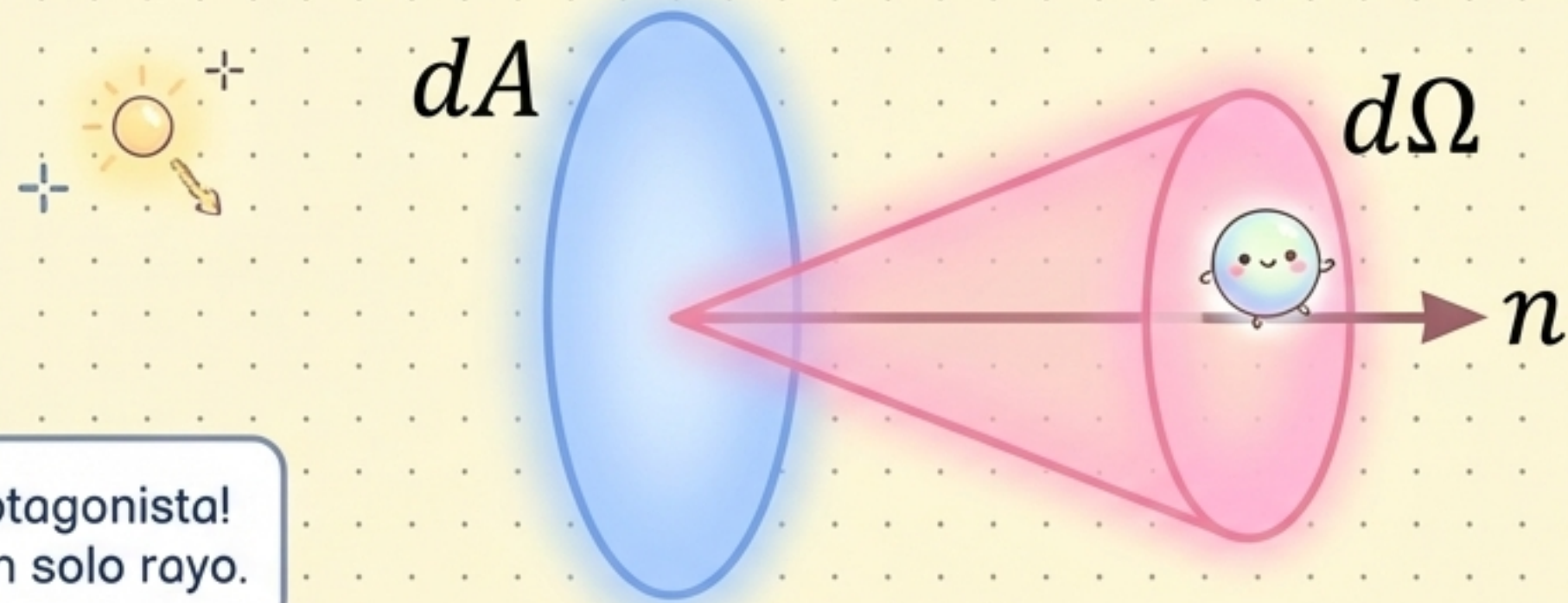
$$dF(\nu) = F_\nu d\nu$$

Densidad de flujo: La cantidad de energía solo en esta "rebanada" de frecuencia.

$$F_\lambda = \frac{c}{\lambda^2} F_\nu$$

La energía total no cambia, pero las unidades sí. Esta es la "fórmula mágica" de conversión entre Hz y Ångströms.

El Protagonista: Intensidad Específica (I_ν)



¡Nuestro protagonista!
El brillo de un solo rayo.

El "conito de luz"
(ángulo sólido).

$$dE_\nu = [I_\nu] \cdot [dA] \cdot [dt] \cdot [d\nu] \cdot [d\Omega]$$

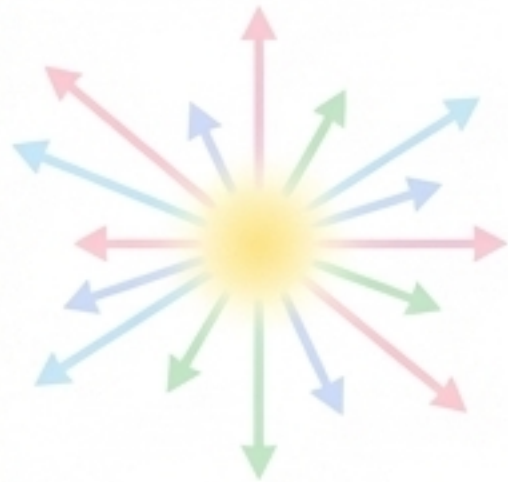
El área de
nuestra ventana.

El tiempo que
observamos.

El rango de colores
(frecuencias).

A diferencia del flujo total, la Intensidad Específica depende de la posición y la dirección del rayo. Es la medida más pura de la radiación.

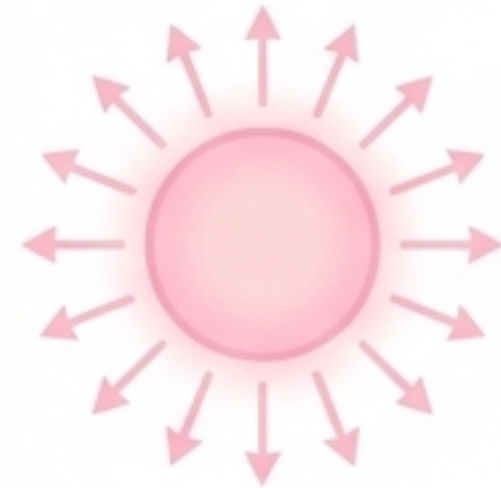
El Promedio: Intensidad Específica Media (J_ν)



Campo Anisotrópico

Campo Anisotrópico

La luz viene más fuerte de ciertas direcciones (ej. un foco).



Campo Isotrópico

Campo Isotrópico

¡Perfección visual!
La luz es idéntica sin importar hacia dónde mires.

$$J_\nu = \frac{1}{4\pi} \int I_\nu d\Omega$$

Promediamos el brillo I_ν sobre una esfera completa (4π estereorradianes).

Si el campo es Isotrópico $\Rightarrow J_\nu = I_\nu$.
(¡El promedio es igual a cada rayo individual porque todos son idénticos!)



Atrapando la Luz: Densidad de Energía (u_ν)

Queremos medir la energía por unidad de volumen:

$$dV = dA \cdot c \cdot dt$$

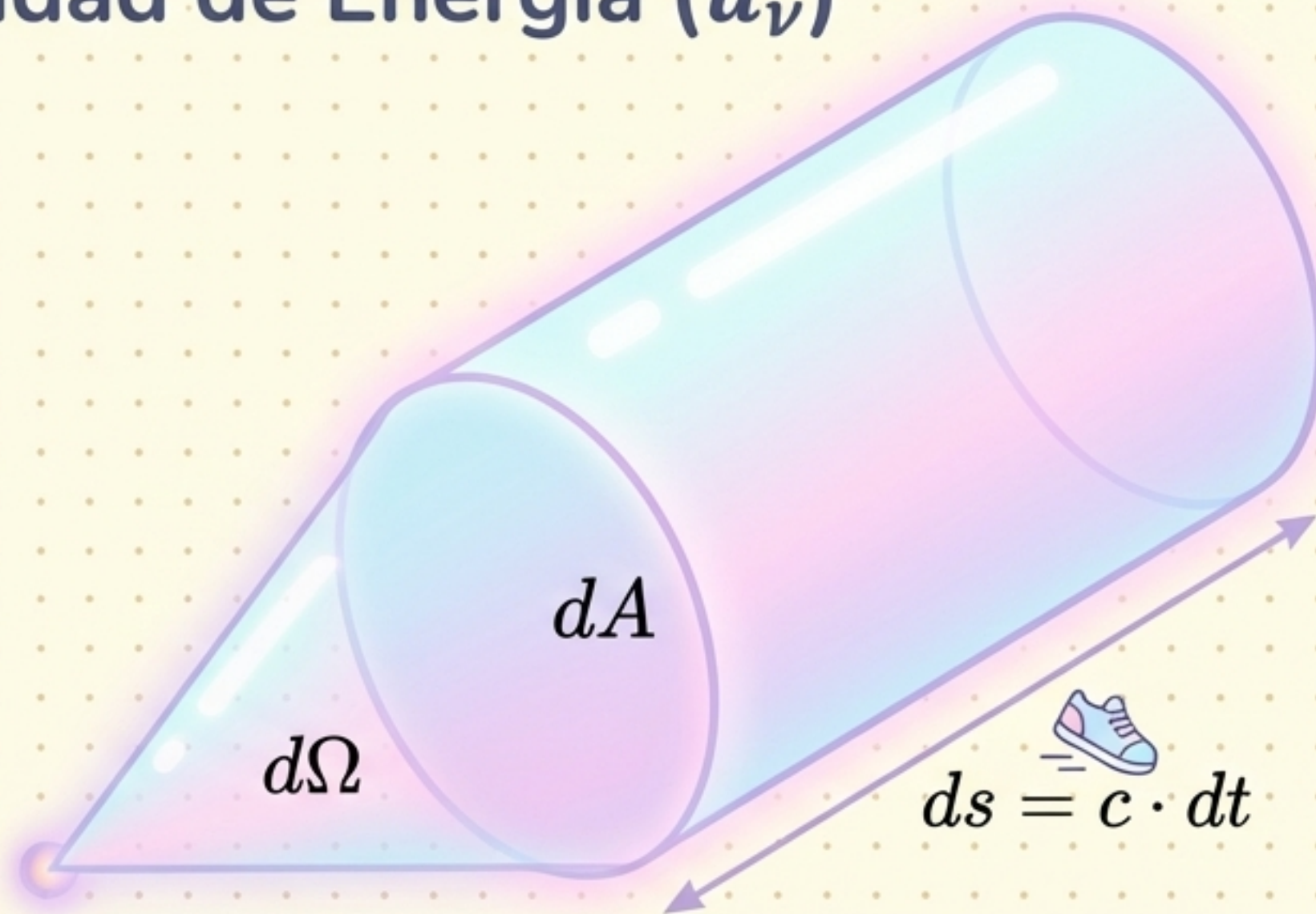


Sustituimos en nuestra receta de energía...



Obtenemos la contribución de un solo rayo:

$$u_\nu(\Omega) = \frac{I_\nu}{c}$$

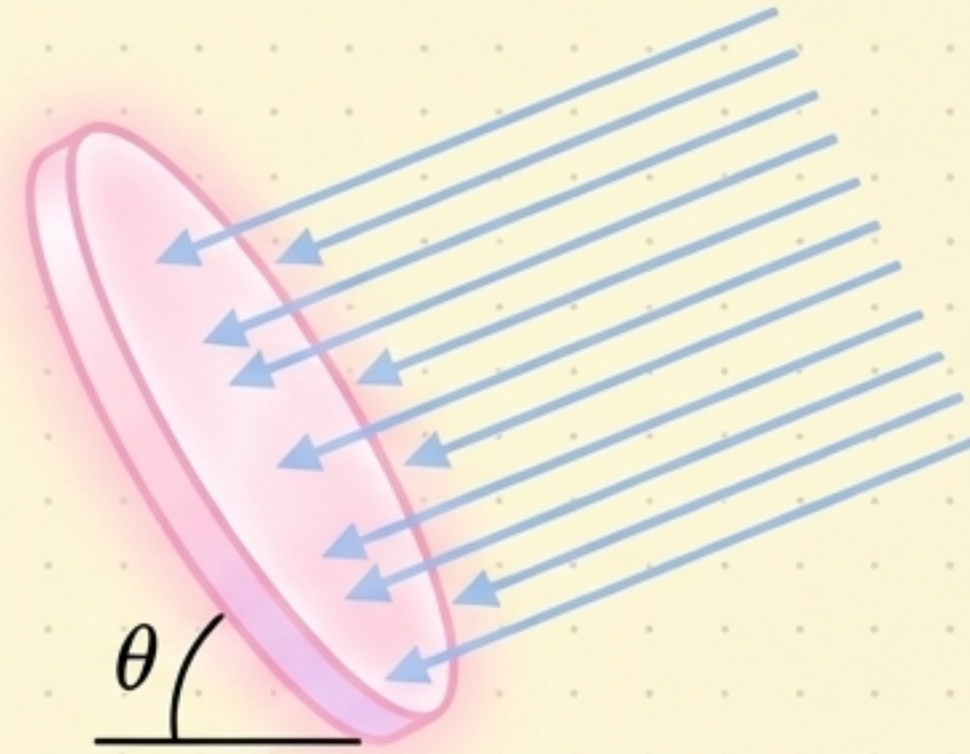
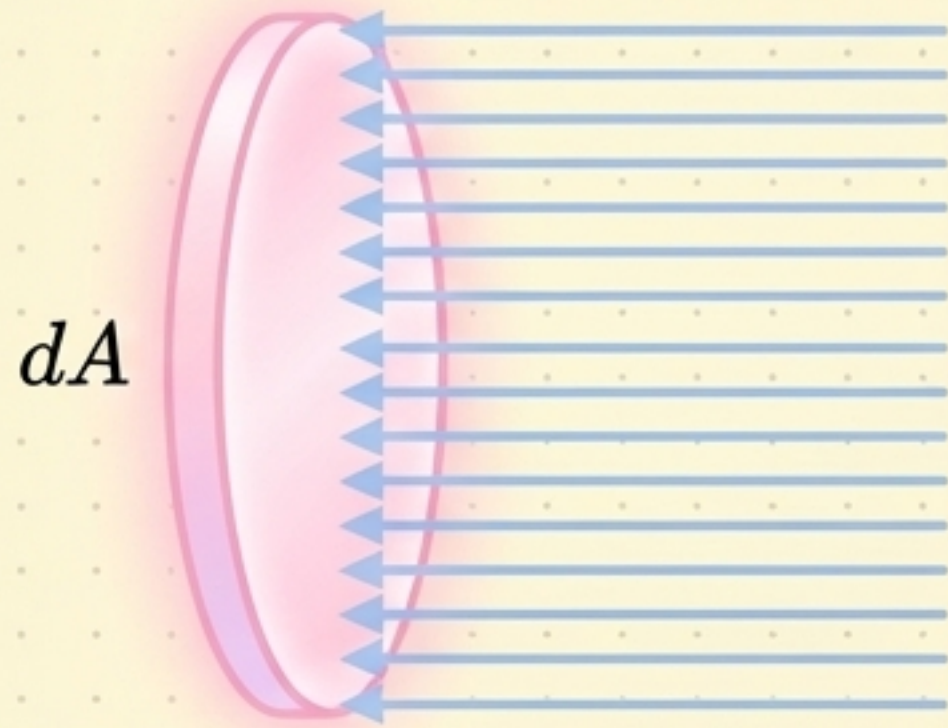


Al sumar todas las direcciones, descubrimos que la densidad de energía es proporcional a la intensidad media:


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



El Flujo y la Perspectiva: Flujo Radiativo (F_ν)



Si la superficie no está de frente a la luz, el área que "atrapa" los rayos se reduce. A esto le llamamos área efectiva proyectada.



Al igual que con la lluvia, si inclinas tu paraguas (ángulo θ), interceptas menos gotas. ¡El coseno de θ mide exactamente esa inclinación!

$$dA \rightarrow dA \cos\theta$$
$$dF_\nu(\theta) = I_\nu \cos\theta d\Omega$$

El Gran Empate: Flujo en Campos Isotrópicos

El flujo neto suma las contribuciones de todas las direcciones.

$$F_{\nu} = \int I_{\nu} \cos\theta \, d\Omega$$

Como θ abarca desde 0 a π , el coseno toma valores positivos (frente) y negativos (atrás).

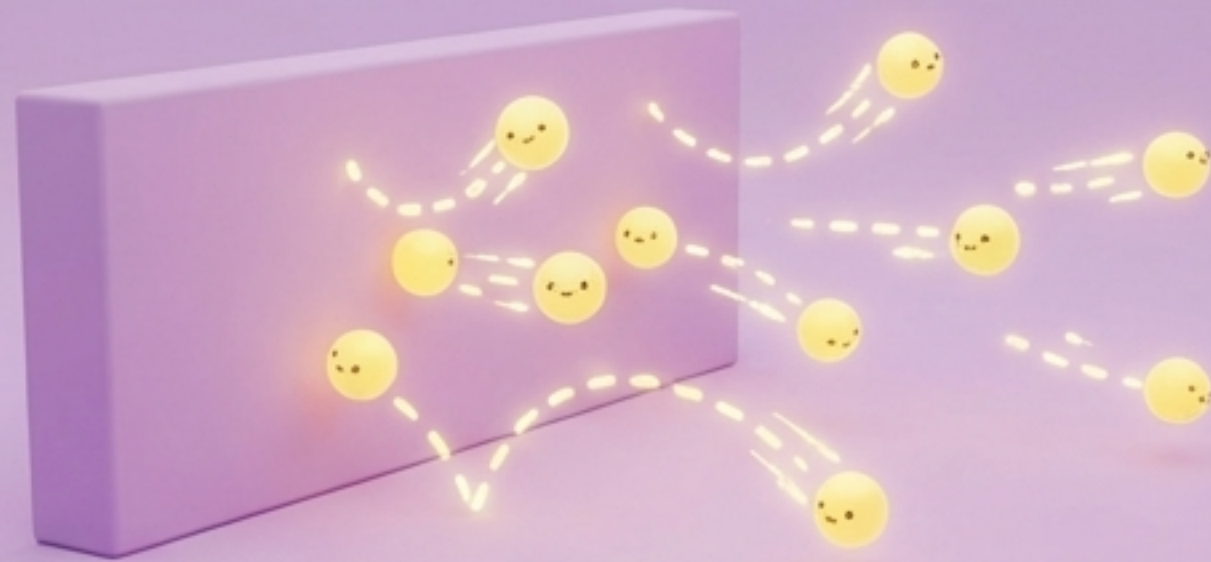


$$F_{\nu} = 0$$

¡Un campo radiativo isotrópico no transporta energía neta!

La luz viaja en todas direcciones con tanta perfección que el flujo hacia adelante es anulado exactamente por el flujo hacia atrás.

El Empuje Físico: Presión de Radiación (P_ν)



La luz no solo tiene energía, tiene momento (empuje físico).

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

Al igual que el flujo, medimos la componente perpendicular a la superficie, lo que nos da otra vez un factor de $\cos\theta$.

Para la presión, multiplicamos el flujo de momento por la dirección perpendicular, ¡obteniendo un cuadrado!

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



A diferencia del flujo, aquí tenemos $\cos^2\theta$. ¡El cuadrado hace que todos los valores sean positivos! Dos fotones chocando desde lados opuestos cancelan su flujo, pero suman su presión.

La Gran Unificación: Los Momentos de la Intensidad

Toda esta complejidad matemática se reduce a un solo y hermoso patrón geométrico.

	Orden del Momento (n)	Factor Geométrico	Integral Matemática	Significado Físico
1	Orden 0	1 (sin inclinación)	$J_\nu \propto \int I_\nu d\Omega$	Intensidad Media / Densidad (La luz que existe)
2	Orden 1	$\cos\theta$	$F_\nu = \int I_\nu \cos\theta d\Omega$	Flujo Radiativo (La luz que viaja)
3	Orden 2	$\cos^2\theta$	$P_\nu \propto \int I_\nu \cos^2\theta d\Omega$	Presión de Radiación (La luz que empuja)

$$M_n^\nu = \int I_\nu \cos^n \theta d\Omega$$

La física radiativa es simplemente el estudio de cómo la luz interactúa con la geometría del espacio.