

Introducción

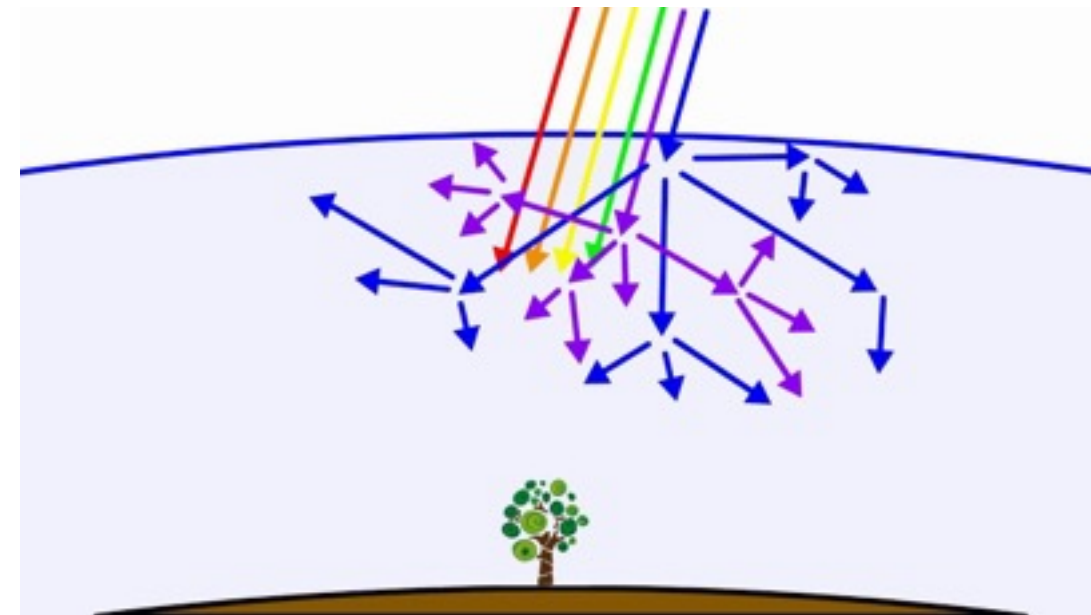
Breve historia de la luz



La catástrofe ultravioleta

- Físico.
- Premio Nobel de Física en 1904: “Por sus investigaciones sobre las densidades de los gases más importantes y su descubrimiento del **argón**”.
- **Dispersión Rayleigh**: ¿Por qué vemos **azul** el cielo?.

Cuando la luz del sol llega a la atmósfera, las partículas en suspensión dispersan la luz. Esta dispersión es **mayor** cuanto **menor** es la longitud de onda y el **azul** se dispersa mucho más que el **rojo**.



- Físico, astrónomo y matemático.
- Realizó importantes contribuciones a la **mecánica cuántica** y fue uno de los pioneros en el desarrollo de la **cosmología moderna**.



Rayleigh (1842)

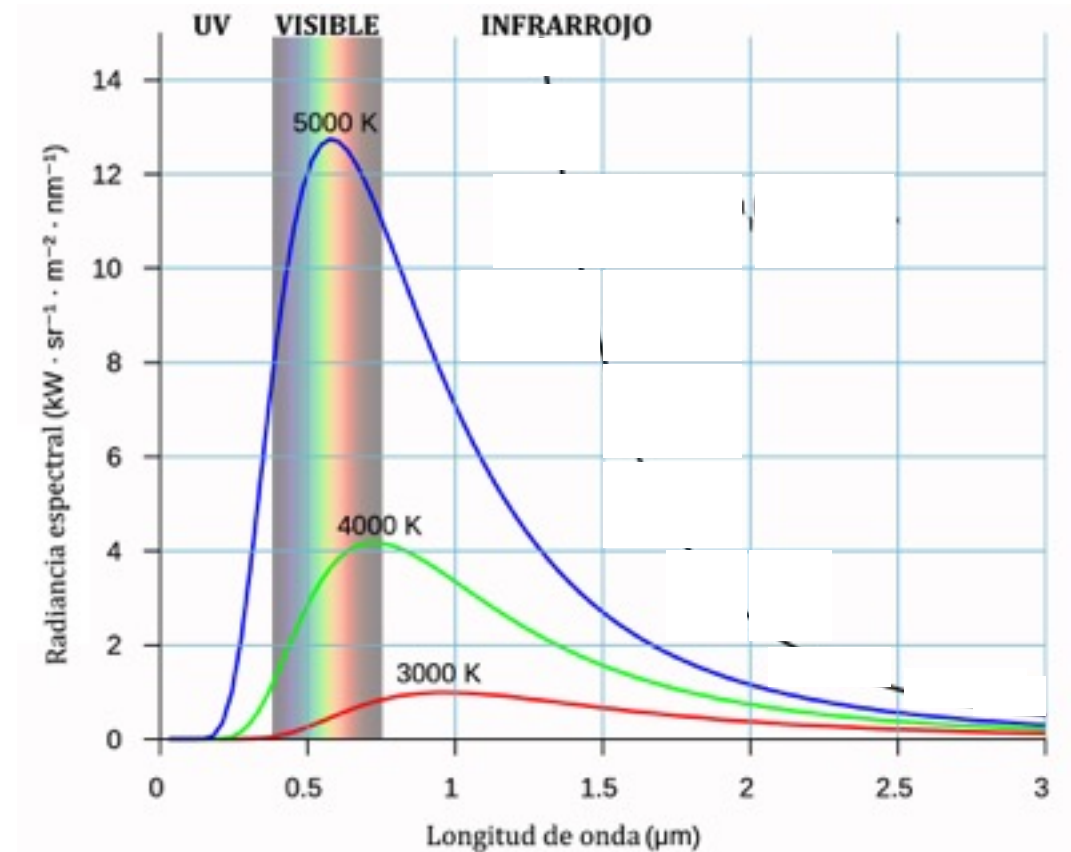


Jeans (1877)

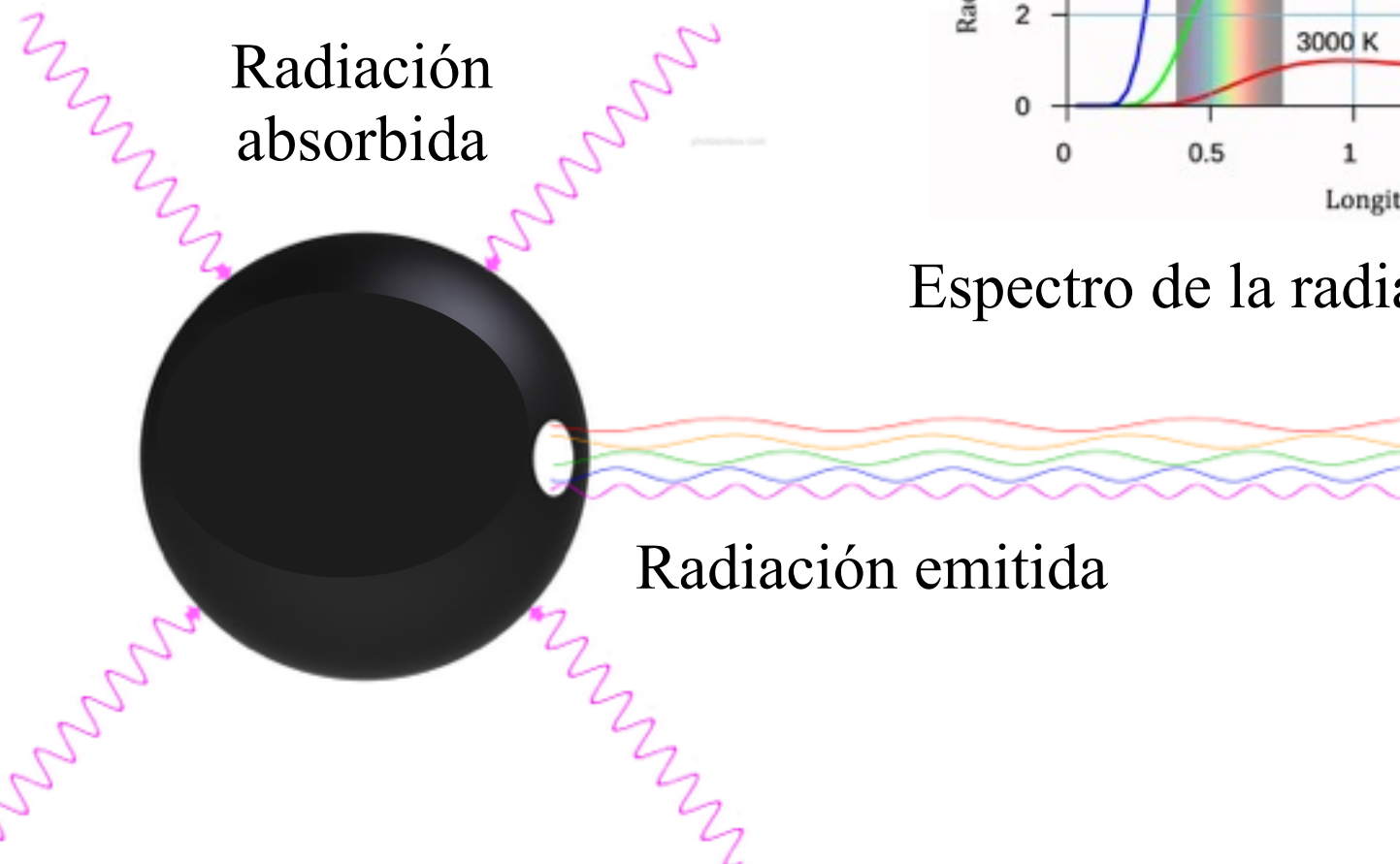
La catástrofe ultravioleta

- **Radiación térmica:** emisión de “luz” por un cuerpo debido a su temperatura.
- **Cuerpo negro:** objeto teórico que absorbe toda la luz que incide sobre él.

Pregunta: ¿Puede la **teoría** reproducir la curva **experimental** del espectro de la radiación del cuerpo negro?



Espectro de la radiación del cuerpo negro



Pirómetro



Rayleigh (1842)



Jeans (1877)

La catástrofe ultravioleta

- **Teoría:** La luz (radiación) es una onda electromagnética cuya propagación se describe con las ecuaciones de Maxwell.

- **Mecanismo:** Los **átomos** de las paredes del cuerpo negro **absorben** la radiación incidente y comienzan a **vibrar**. Mientras el átomo vibra emite luz (radiación) en forma de ondas electromagnéticas hasta que vuelve a su estado de reposo.

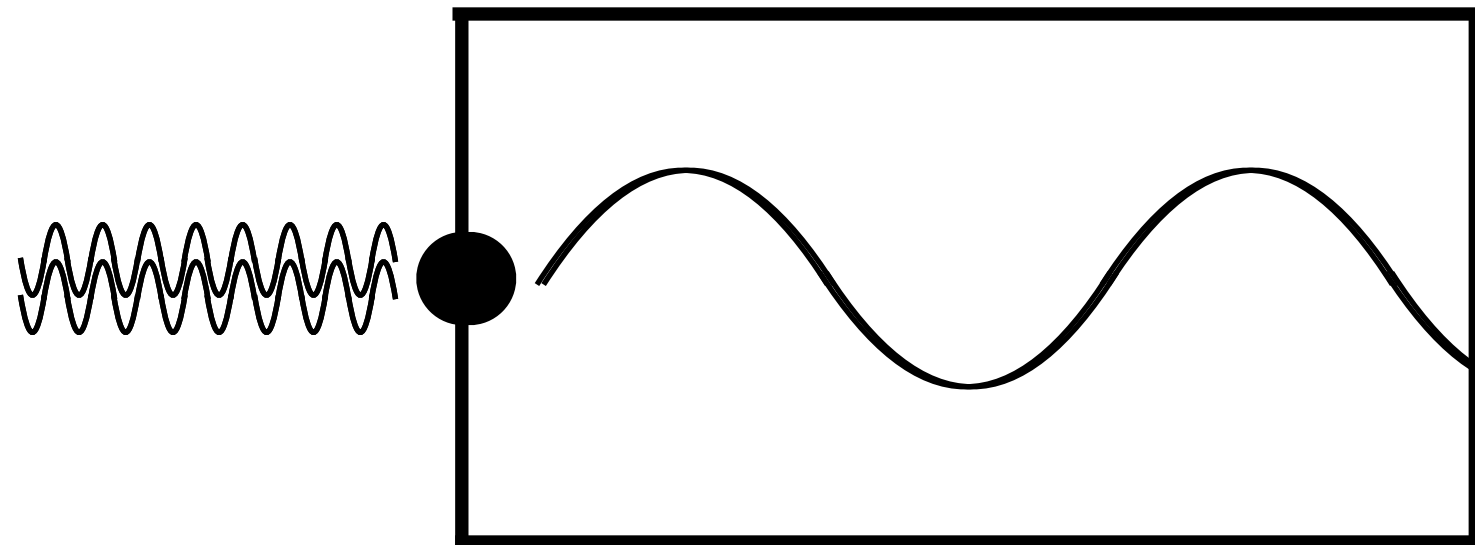
$$\begin{cases} \nabla^2 \vec{E} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \\ \nabla^2 \vec{B} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0 \end{cases}$$



Rayleigh (1842)



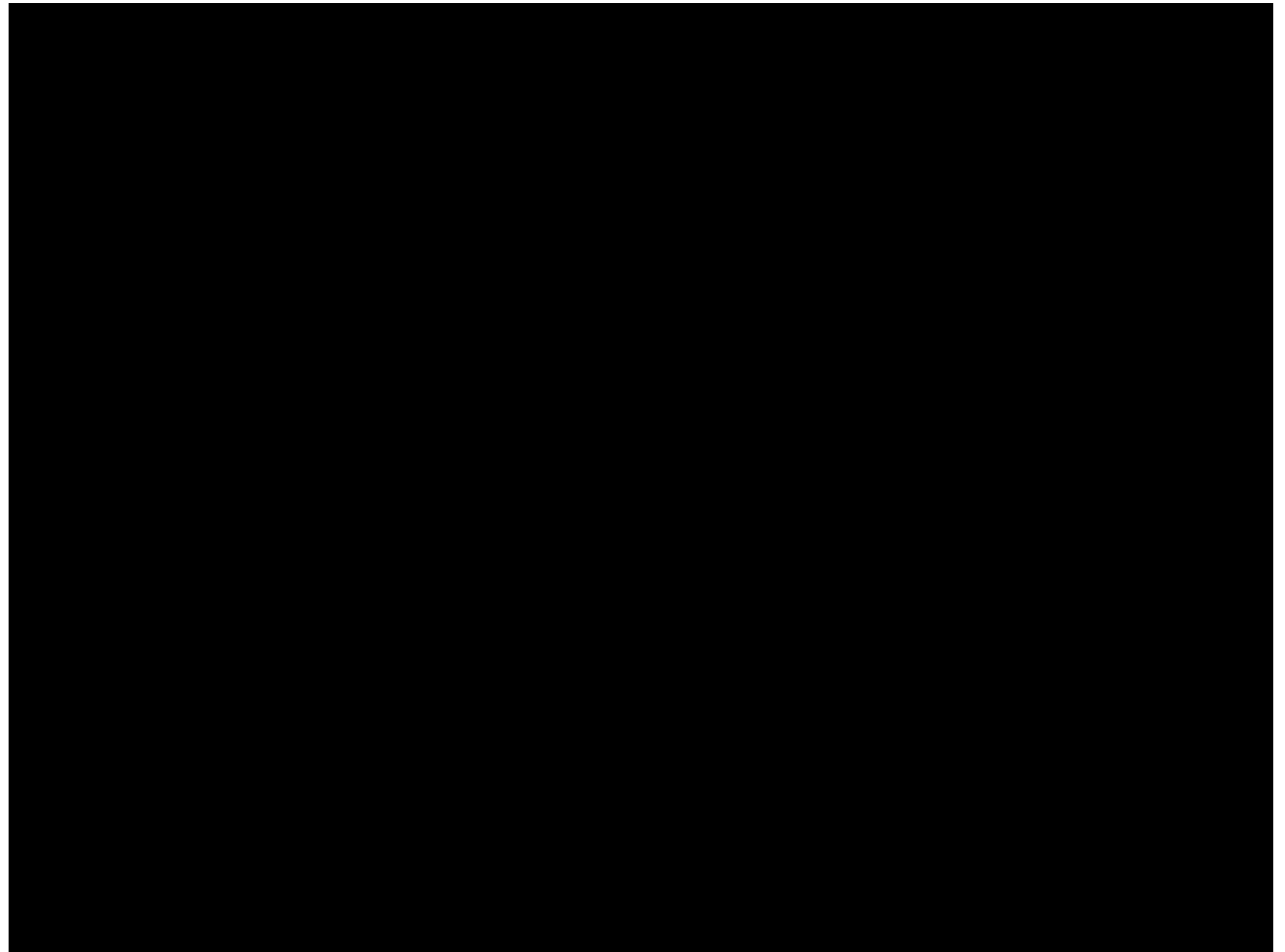
Jeans (1877)



- Si la fuente suministra radiación de manera continua, la emisión también será continua.

La catástrofe ultravioleta

- ¿Qué tipo de ondas electromagnéticas tenemos en el interior de un cuerpo negro? **Ondas estacionarias!**



Rayleigh (1842)



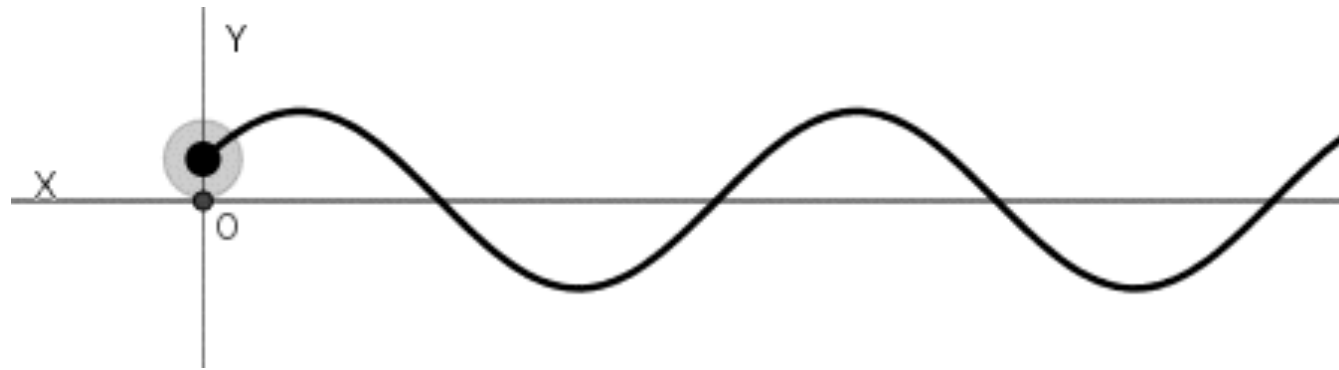
Jeans (1877)

Ondas estacionarias
generadas en las cuerdas de
una guitarra.

Condición de contorno:
Los **extremos** de las
cuerdas de la guitarra están
fijos.

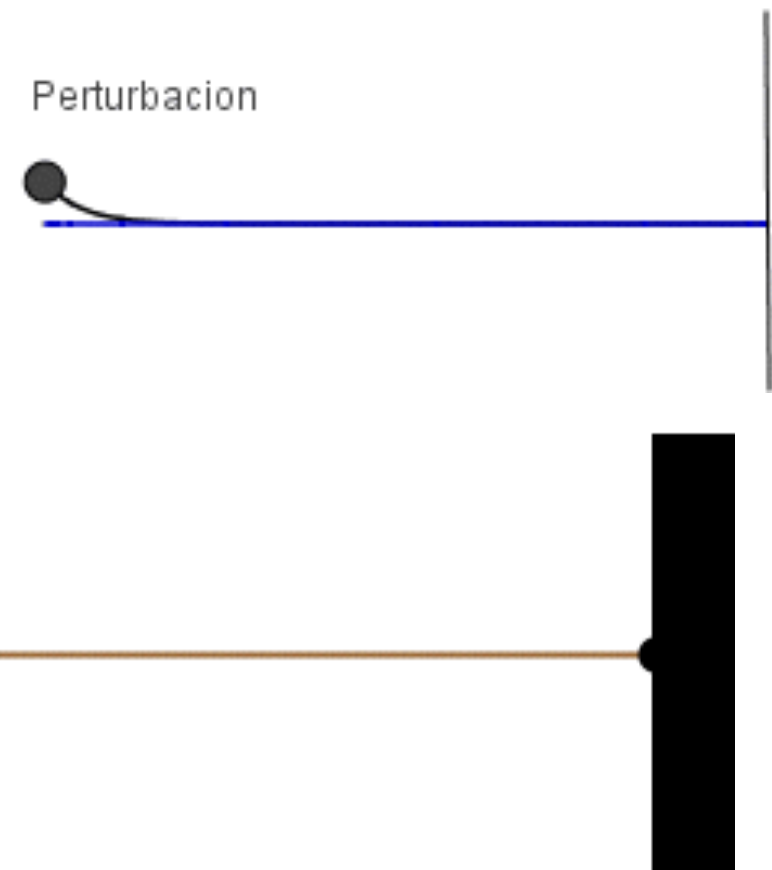
La catástrofe ultravioleta

- ¿Por qué aparecen ondas estacionarias cuando hay condiciones de contorno?



Onda propagándose libremente

Cuando tenemos un extremo fijo la onda que viaja hacia la derecha (negra) se refleja y aparece una onda que viaja hacia la izquierda (azul)



©2011, Dan Russell

Si ahora mandamos varias ondas hacia la derecha, tendremos varias ondas reflejadas que viajan hacia la izquierda y se produce el siguiente efecto



Rayleigh (1842)

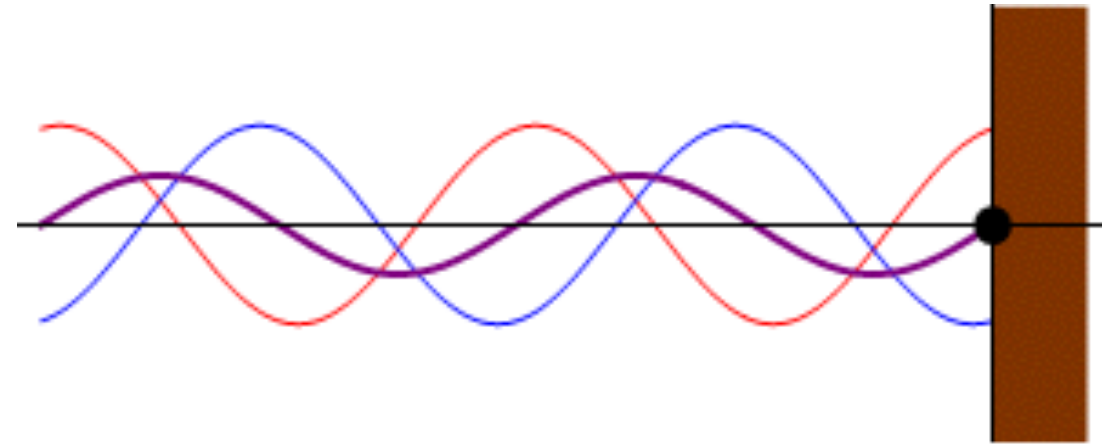


Jeans (1877)

La catástrofe ultravioleta

- ¿Por qué aparecen ondas estacionarias cuando hay condiciones de contorno?

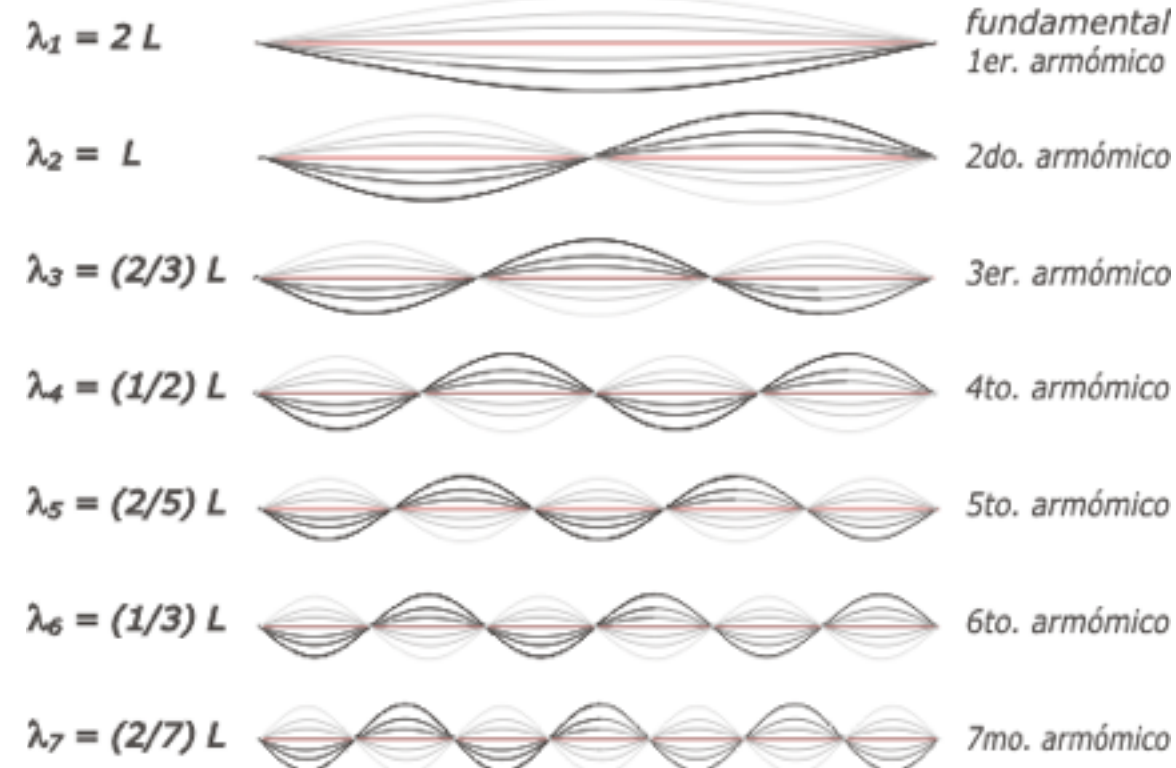
Una onda estacionaria es el resultado de componer una onda que viaja hacia la derecha con una onda reflejada que viaja hacia la izquierda.



Nodos de vibración:
aquellos puntos de la onda estacionaria que permanecen inmóviles.

Condición de contorno:
solamente pueden existir aquellas ondas estacionarias que cumplen:

$$L = \frac{N}{2} \lambda \quad ; \quad N = 1, 2, \dots$$



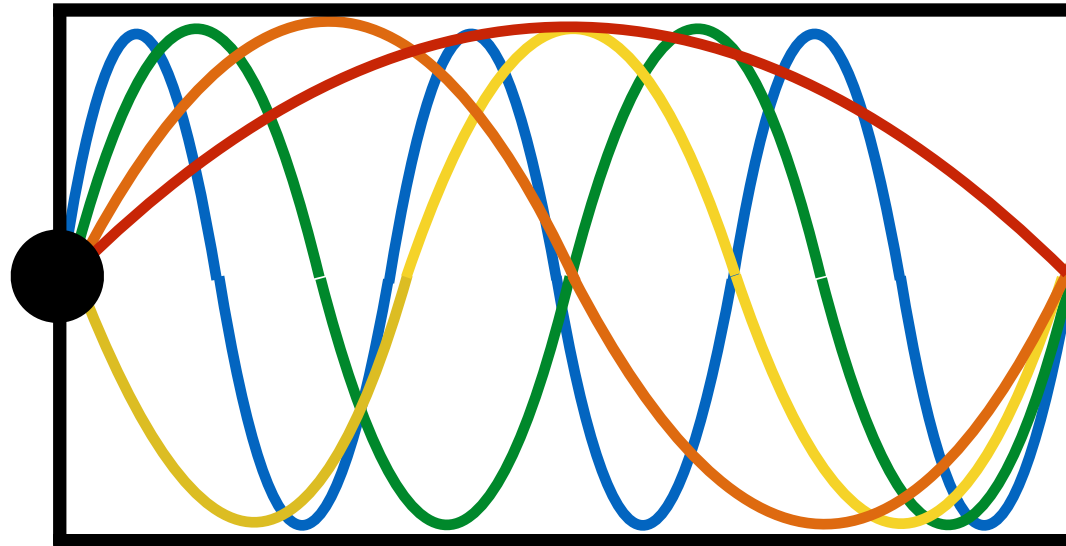
Rayleigh (1842)



Jeans (1877)

La catástrofe ultravioleta

- Debido a las paredes del cuerpo negro (**condiciones de contorno**) las únicas ondas electromagnéticas que podrán existir en su interior serán ondas estacionarias.



0.5 ondas **rojas**

1 onda **naranja**

1.5 ondas **amarillas**

2 ondas **verdes**

3 ondas **azules**

- Se emiten muchas más ondas de **longitud de onda corta** que de **longitud de onda larga** porque “caben” más.
- Teorema de la equipartición de la energía:** La energía disponible se reparte por igual entre todas las formas de ondas.
- Como todas las formas de onda reciben por igual energía y hay más ondas de **longitud de onda corta** éstas se llevarán toda la energía!!



Rayleigh (1842)

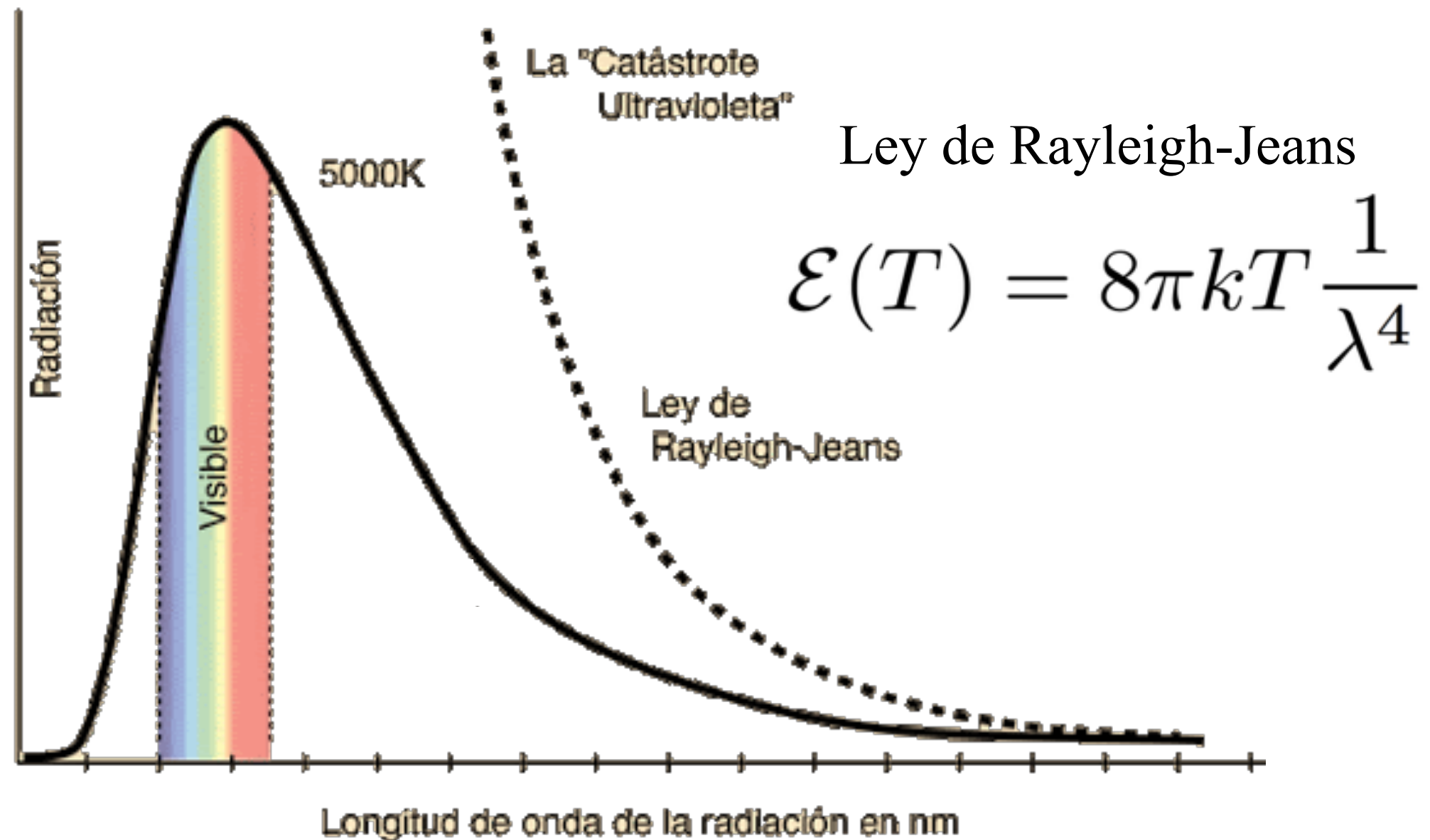


Jeans (1877)

La catástrofe ultravioleta



Rayleigh (1842)



Jeans (1877)

- **Catástrofe ultravioleta:** Toda la radiación absorbida se invierte en emitir ondas de **longitud de onda corta** y la energía radiada por un cuerpo negro se haría **infinita** a altas temperaturas!!

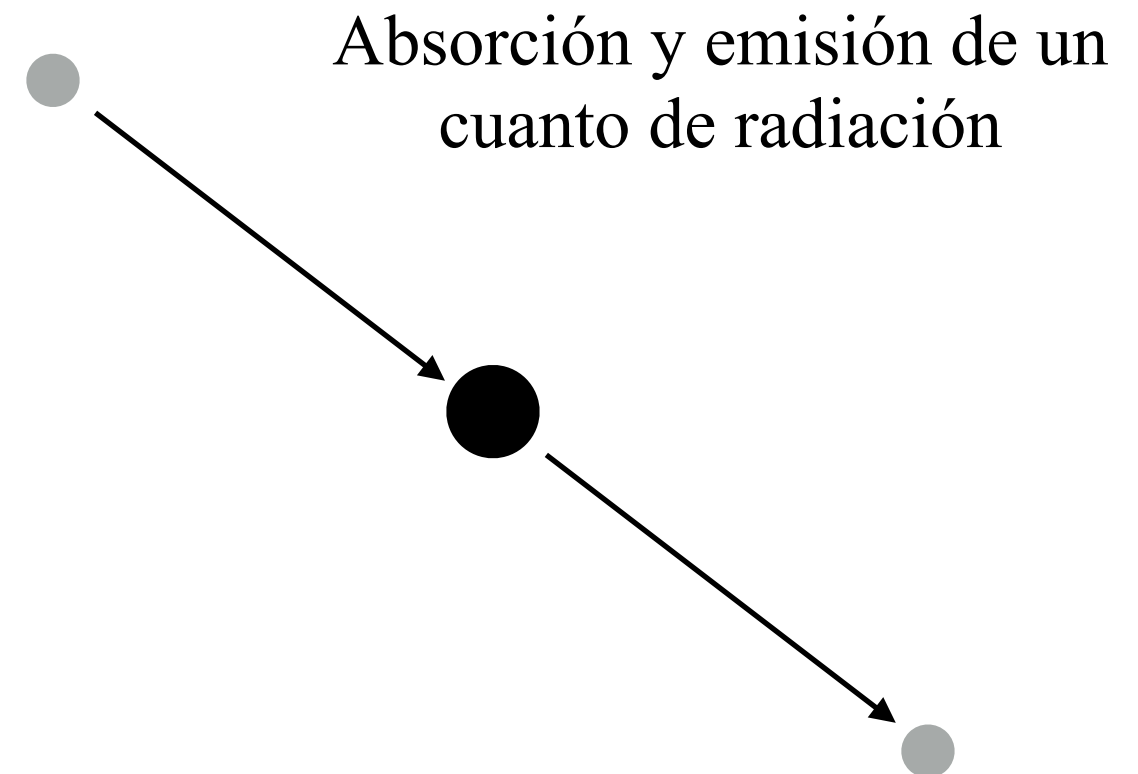
La cuantización de la radiación

- Físico y matemático.
- Premio Nobel de Física en 1918: En reconocimiento a los servicios que ha proporcionado al avance de la Física mediante su descubrimiento de los **cuantos de energía**.
- **Pregunta:** ¿Existe algún mecanismo que **prohiba** la emisión de ondas de **longitud de onda corta** cuando se aumenta la temperatura de un cuerpo negro?

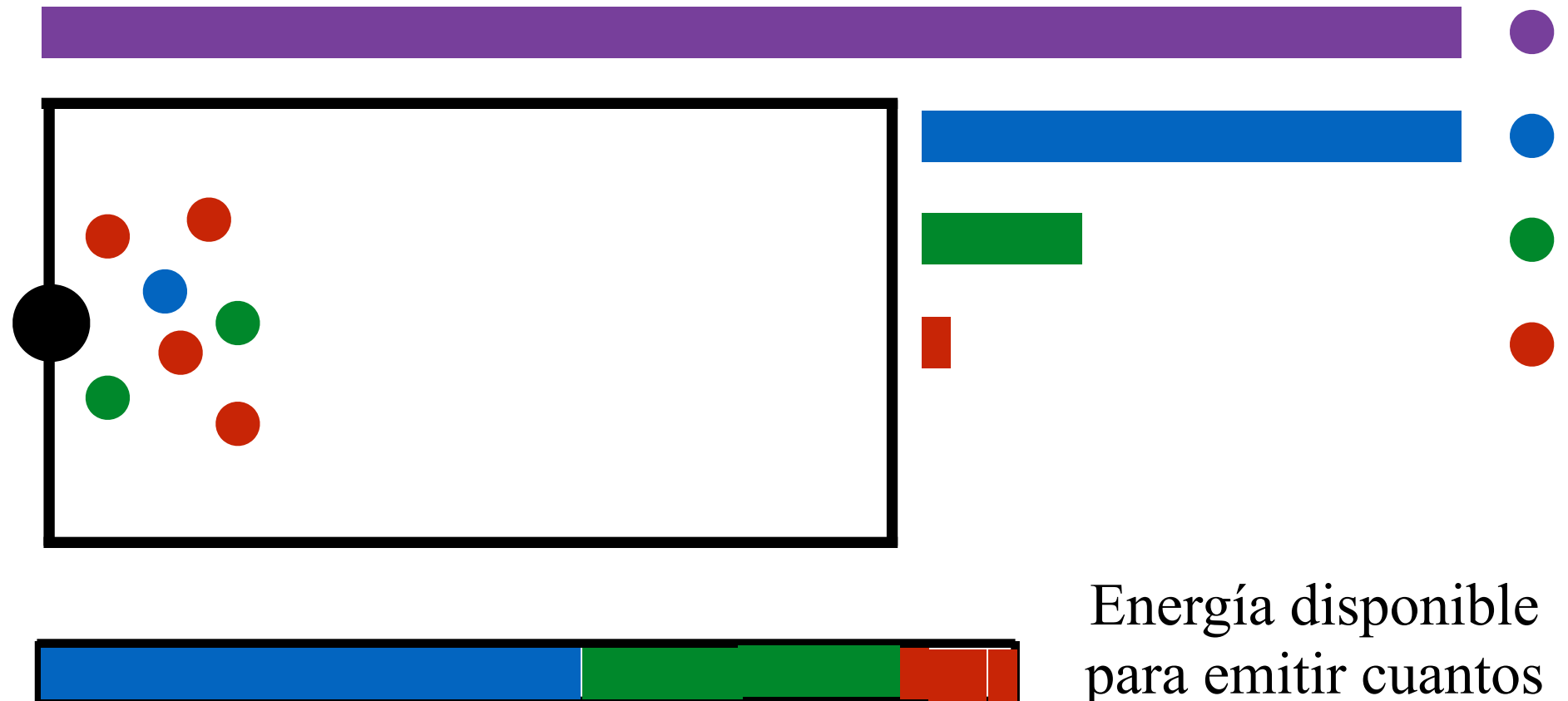
Planck (1858)

- **Postulado de Planck:** La radiación **no** puede ser emitida ni absorbida de forma **continua**, sino solo en determinadas **cantidades** llamadas **cuantos** cuya energía depende de la **frecuencia** como:

$$E = h\nu \quad ; \quad \lambda\nu = c$$



La cuantización de la radiación



Energía disponible
para emitir cuantos
de radiación

Planck (1858)



Ley de Planck

La radiación está
cuantizada!!!!