

# Dualidad onda-partícula 1

1

- ✓ Leer Quantum Physics of ----- Eisberg - Resnick  
Sección 3.2 Cap. 3
- ✓ Principio de complementariedad
- ✓ Los modelos corpuscular y ondulatorio son complementarios:  
Si una medida prueba el carácter ondulatorio de la radiación o la materia, entonces es imposible probar la naturaleza corpuscular en el mismo experimento y viceversa.
- ✓ El modelo que se utilice lo determina la naturaleza del experimento.
- ✓ El conocimiento de la radiación o la materia sería completo si se consideran medidas que revelen tanto los aspectos ondulatorios como los corpusculares.
- ✓ La conexión entre los modelos corpuscular y ondulatorio se consigue mediante una interpretación probabilística de la dualidad onda-partícula.
- ✓ Einstein fue quien unificó las teorías ondulatoria y corpuscular de la radiación.
- ✓ Luego Max Born unificó las teorías ondulatoria y corpuscular de la materia.

✓ Desde el punto de vista ondulatorio, la intensidad de radiación,  $I$ , es

$$I = \frac{1}{\mu_0 c} \overline{\epsilon^2} \quad \cdot \quad [I] = \frac{W}{m^2} = \frac{Joules}{s \cdot m^2}$$

donde  $\overline{\epsilon^2}$  es el promedio en el tiempo (en un ciclo) del cuadrado del campo eléctrico  $\epsilon$ .

Desde el punto de vista corpuscular (de los fotones)

$$I = N h \nu$$

donde  $N$  es el número promedio de fotones que atraviesan una unidad de área (perpendicular a la dirección de propagación de la onda) por unidad de tiempo.

$N$  es el flujo de fotones = # fotones por unidad de tiempo y por unidad de área

✓ Einstein sugirió que  $\overline{\epsilon^2}$  podría interpretarse como una medida del número promedio de fotones por unidad de volumen, es decir, la densidad volumétrica de fotones.

✓ Einstein introdujo la idea de granularidad en la radiación, abandonando la interpretación continua de Maxwell. Esto conduce a una interpretación estadística de la intensidad  $I$ .

- ✓ Una fuente puntual emite fotones al azar en todas las direcciones.
- ✓ El número promedio de fotones que atraviesan una unidad de área, decrece a medida que aumenta la distancia entre la fuente y el área. La intensidad disminuye en forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, al igual que en el caso ondulatorio.
- ✓ Desde el punto de vista ondulatorio, desde una fuente se generan ondas esféricas cuya intensidad disminuye inversamente con la distancia.
  - ✓ Estas ondas pueden considerarse como "ondas guía" para los fotones, cuya intensidad puede medirse con  $\overline{E^2}$ .
  - ✓ Las ondas por sí mismas no poseen energía; son una construcción artificial cuya intensidad está relacionada al número de fotones por unidad de volumen.
- ✓ El proceso de emisión de fotones tiene una naturaleza estadística. No se especifica cuántos fotones atraviesan una unidad de área por unidad de tiempo. Lo que se especifica es el número promedio pues el número exacto de fotones en un punto del espacio  $(x, y, z)$  tiempo fluctúa.

✓ Sin embargo, se puede afirmar que la probabilidad de que un fotón atraviese una unidad de área a 3 m de la fuente es  $1/9$  de la probabilidad de que atraviese una unidad de área a 1 m de la fuente.

✓ En la fórmula  $I = Nh\nu$ ,  $N$  es un valor promedio que en cierta forma representa la probabilidad de encontrar a un fotón atravesando una unidad de área por unidad de tiempo.

$$I = \frac{1}{4\pi r^2} \bar{\epsilon}^2 = Nh\nu$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon}^2 \propto N$$

Esta ecuación es consistente con la idea de Einstein de que  $\bar{\epsilon}^2$  representa una medida probabilística de la densidad de fotones.