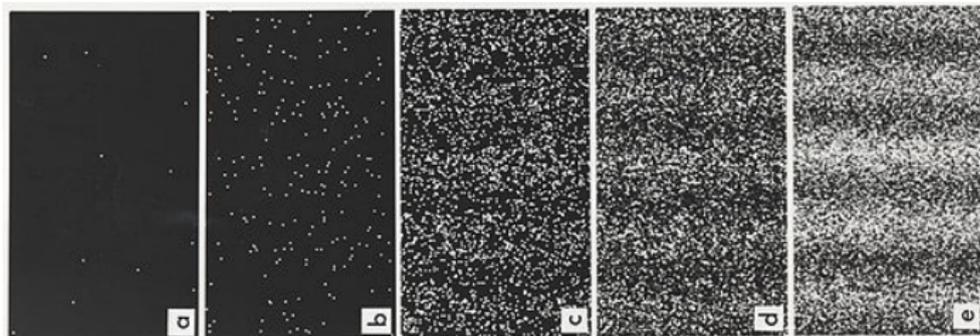


Juntando F2 con F4

- ▶ Un haz de luz es un chorro de fotones
- ▶ A baja intensidad disminuye el número de fotones, no la energía de cada uno,

$$E = h\nu = \hbar\omega$$

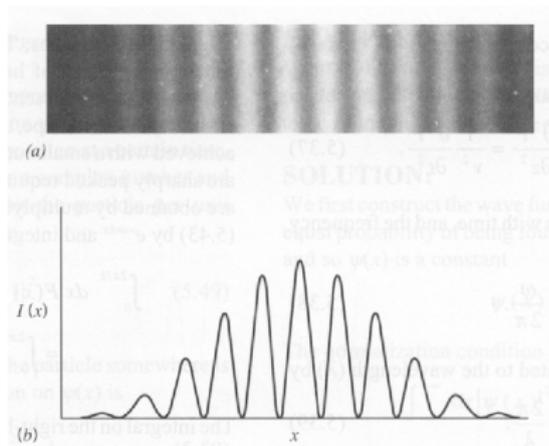
- ▶ El patrón de interferencia en el experimento de Young se obtiene enviando muchos fotones, de a uno por vez.



- ▶ Es el mismo resultado que se observa para electrones (o fullerenos). Solo que:
 - ▶ Para fotones: esperamos la interferencia, nos sorprendemos por los puntitos
 - ▶ Para electrones: esperamos los puntitos, nos sorprendemos por la interferencia

Juntando F2 con F4

- El diagrama de intensidad $I(x)$ de F2 se interpreta como $P(x)$, la probabilidad que un fotón llegue a x



Juntando F2 con F4

- ▶ La luz tiene una propiedad llamada polarización \implies los fotones la tienen
- ▶ Un haz polarizado en x' está compuesto de fotones polarizados en x'
- ▶ El cociente entre la intensidad saliente y la entrante de un polarizador se interpreta como la probabilidad que un fotón pase el sistema

$$\frac{I_{x'}}{I_x} \longrightarrow P(x', x)$$

1. La predicción de la teoría es probabilística
 2. La medición cambia el estado del sistema
- ▶ La interpretación probabilística explica:
 1. el resultado de F2: predice la fracción de intensidad emergente
 2. experimentos de baja intensidad: el fotón sale por un canal o por el otro

Resumen de las probabilidades que un fotón con una dada polarización pase a través de un cierto polarizador:

	x	y	x'	y'	R	L
x	1	0	$\cos^2\phi$	$\sin^2\phi$	1/2	1/2
y		1	$\sin^2\phi$	$\cos^2\phi$	1/2	1/2
x'			1	0	1/2	1/2
y'				1	1/2	1/2
R					1	0
L						1

Visión haz de luz:

- ▶ Si un haz atraviesa procesos sucesivos, se multiplican las fracciones de intensidad de cada paso
- ▶ Si un haz dispone caminos alternativos, **NO** se suman las fracciones de intensidad de cada uno
- ▶ Hay que sumar la amplitud (campo eléctrico) de cada camino y elevar su módulo al cuadrado: $I \propto |\vec{E}_A + \vec{E}_B|^2$

Visión fotones:

- ▶ La probabilidad de un conjunto de procesos en serie es el producto de la probabilidad de cada proceso
- ▶ La probabilidad de un un conjunto de procesos en paralelo **NO** es la suma de la probabilidad de cada proceso
- ▶ Hay que sumar la amplitud de cada camino y luego calcular la probabilidad total como: $P = |\mathcal{A}_A + \mathcal{A}_B|^2$

Experimentos con polarización de fotones. Resumen.

- ▶ A la amplitud de un proceso $\mathcal{A}(x, x')$ la vamos a escribir $\langle x | x' \rangle$
- ▶ La amplitud tiene que satisfacer $|\langle x | x' \rangle|^2 = P(x, x')$
- ▶ La amplitud de procesos sucesivos es el producto de la amplitud de cada uno.
- ▶ La amplitud de procesos alternativos es la suma de las amplitudes de cada uno.
- ▶ La probabilidad del proceso global es el módulo al cuadrado de la amplitud total.
- ▶ La amplitud entre polarizaciones lineales que forman un ángulo ϕ entre ellas es

$$\langle x' | x'' \rangle = \cos \phi$$

- ▶ La amplitud entre polarización lineal (con ángulo ϕ respecto al eje x) y circular es

$$\langle x' | R \rangle = e^{+i\phi} / \sqrt{2} \quad \text{y} \quad \langle x' | L \rangle = e^{-i\phi} / \sqrt{2}$$

Resumen de las **probabilidades** que un fotón con una dada polarización pase a través de un cierto polarizador:

	x	y	x'	y'	R	L
x	1	0	$\cos^2\phi$	$\sin^2\phi$	1/2	1/2
y		1	$\sin^2\phi$	$\cos^2\phi$	1/2	1/2
x'			1	0	1/2	1/2
y'				1	1/2	1/2
R					1	0
L						1

Resumen de las **amplitudes** que un fotón con una dada polarización pase a través de un cierto polarizador:

	$ x\rangle$	$ y\rangle$	$ x'\rangle$	$ y'\rangle$	$ R\rangle$	$ L\rangle$
$\langle x $	1	0	$\cos \theta$	$-\sin \theta$	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
$\langle y $		1	$\sin \theta$	$\cos \theta$	$i/\sqrt{2}$	$-i/\sqrt{2}$
$\langle x' $			1	0	$e^{i\theta}/\sqrt{2}$	$e^{-i\theta}/\sqrt{2}$
$\langle y' $				1	$ie^{i\theta}/\sqrt{2}$	$-ie^{-i\theta}/\sqrt{2}$
$\langle R $					1	0
$\langle L $						1