

Óptica Ondulatoria (Interferencia y difracción):

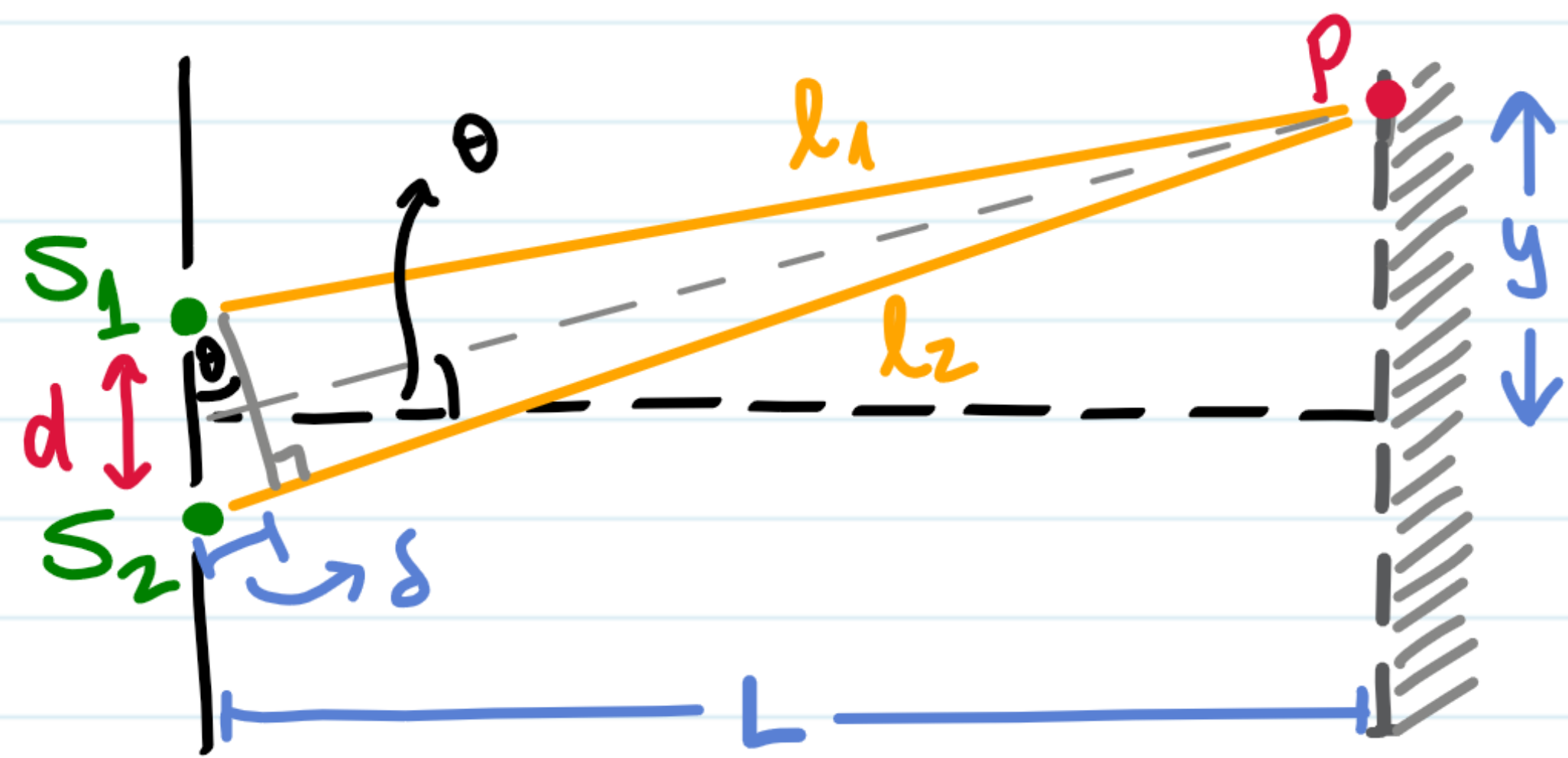
Hasta ahora nos concentramos en la óptica geométrica (Luz como rayos) para explicar fenómenos como la reflexión y refracción. Sin embargo, hay otros fenómenos como la interferencia y la difracción que no pueden ser explicados así.
• Para ello, debemos considerar de manera explícita sus características ondulatorias!

Un principio fundamental muy útil para esto es el principio de Huygens:

"todo punto de un frente de onda puede considerarse la fuente de ondas secundarias que se dispersan en todas direcciones con igual rapidez de propagación de la onda original".

1. Interferencia de la luz:

Al igual que las ondas de sonido, si hay +1 fuente de luz, las ondas provenientes de 1 fuente se pueden interferir!



¿Cómo llega la luz al punto P?

... Si S_1 y S_2 son 2 fuentes que emiten luz monocromática (misma frecuencia) y coherente (relación de fase cte. y definida entre ellas), la diferencia de fase entre ellas es:

$$\Delta\phi = k(l_2 - l_1) \rightarrow \text{diferencia de fase}$$

... y entonces la interferencia puede ser:

1) INT. CONSTRUCTIVA: Si $\Delta\phi = 2m\pi \Leftrightarrow (l_2 - l_1) = m\lambda$

2) INT. DESTRUCTIVA: Si $\Delta\phi = (2m+1)\pi \Leftrightarrow (l_2 - l_1) = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$

COND. GENERALES ↗

... donde $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ y λ : long. de onda.

Interferencia en Doble Rendija:

Las condiciones anteriores son generales. Para el caso de una DOBLE RENDIJA, se puede ir un poco más allá. Si $L \gg d$ y para ángulos θ pequeños ($\theta \ll 1$):

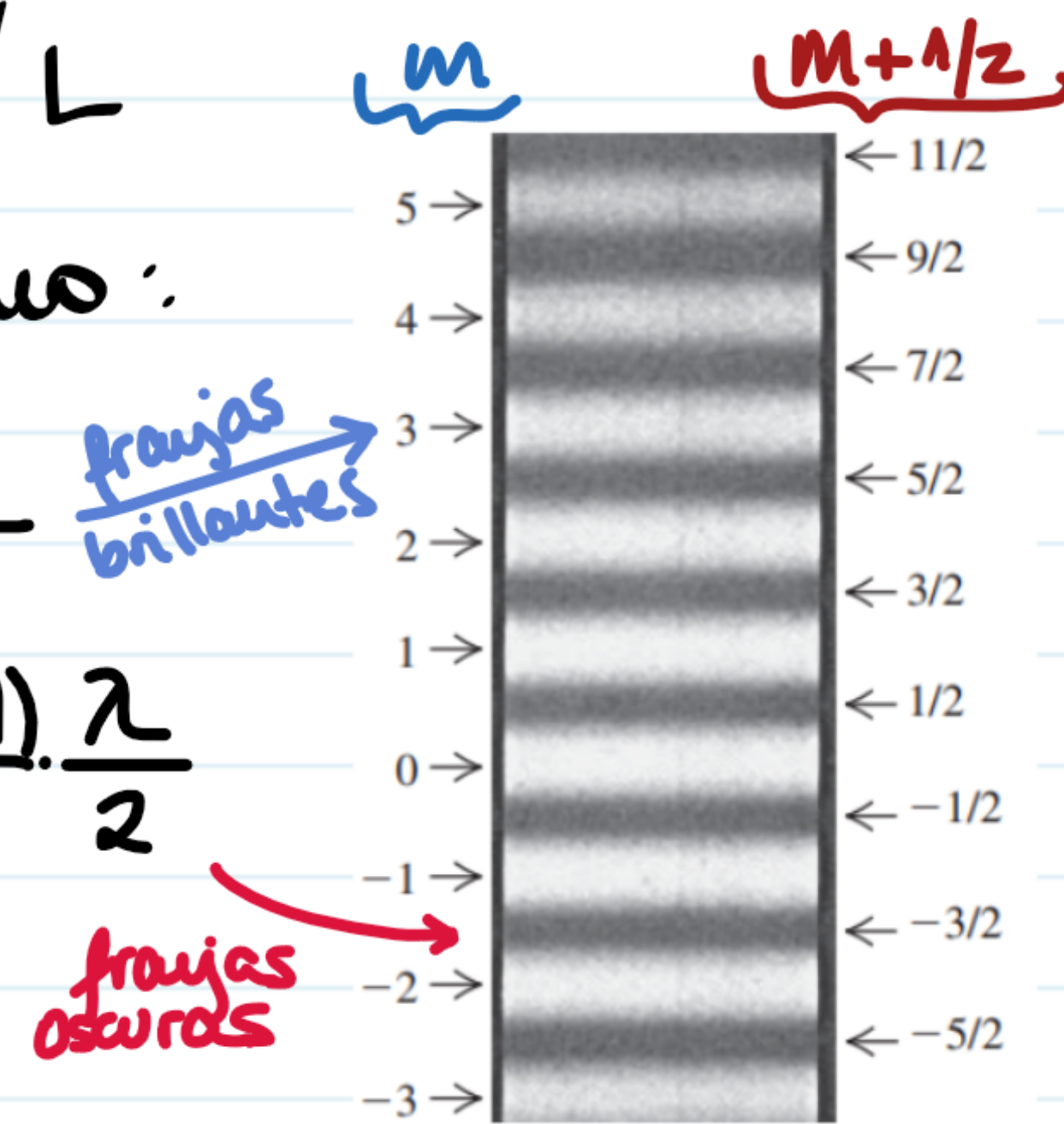
$$(l_2 - l_1) \equiv \delta \approx d \sin\theta \quad ; \quad \sin\theta \approx \theta \approx y/L$$

y las condiciones de interferencia se pueden escribir como:

1) INT. CONSTRUCTIVA: $(l_2 - l_1) = m\lambda \Rightarrow y = L \cdot \frac{m\lambda}{d}$ *franjas brillantes*

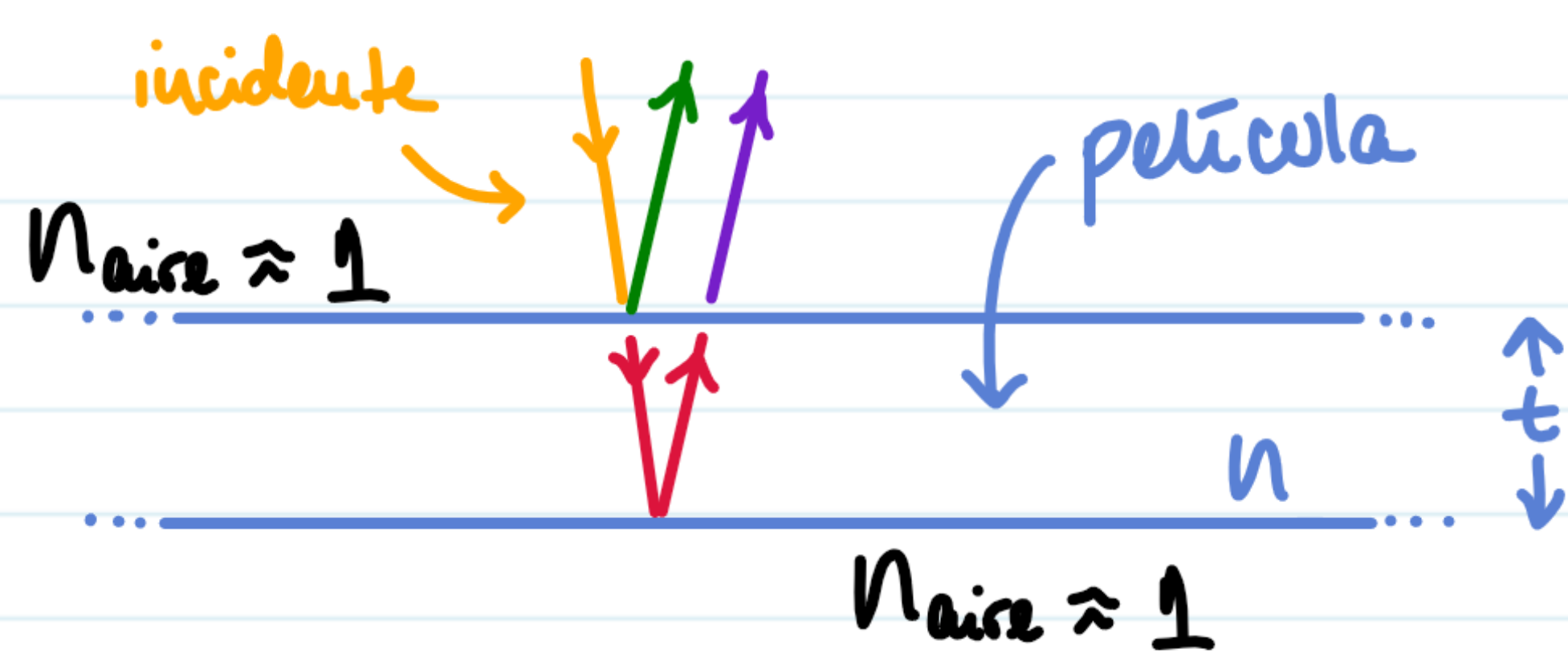
2) INT. DESTRUCTIVA: $(l_2 - l_1) = (2m+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow y = L \frac{(2m+1)\lambda}{2d}$

... donde $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$



Interferencia en Películas Delgadas:

Otro ejemplo típico de interferencia de ondas de luz ocurre en PELÍCULAS DELGADAS:



→ Película de grosor t uniforme e índice de refracción n rodeada de aire ($n > n_{\text{aire}} \approx 1$).

- Se supone incidencia normal (para simplificar)
- La longitud de onda es $\lambda_n = \lambda/n$, con λ la long. de la luz en el aire.

* ANTES: Ley:

DE FORMA GENERAL, CUANDO LA LUZ SE REFLEJA EN UNA INTERFAZ ENTRE 2 MEDIOS (n_1 y n_2), LA LUZ REFLEJADA SUFRE UN CAMBIO DE FASE $\Delta\phi = \pi$ si:

$$n_1 < n_2 \rightarrow (n_1: \text{primer medio}, n_2: \text{segundo medio})$$

1. Incide la luz amarilla ($\sim$ normal)
2. Una parte se refleja en la interfaz superior, y sufre un cambio de fase de π .
3. Otra parte atraviesa la interfaz superior, y se refleja en la inferior sin cambiar su fase. Este rayo recorre una distancia $2t$, y luego sale (2) recombinándose con el rayo verde.

Analizando la interferencia de verde y verde, se tiene que:

$$\begin{cases} l_2 - l_1 = 2t \\ \Delta\phi_{\text{extra}} = \pi \end{cases}$$

... y las condiciones de interferencia son:

1) INT. CONSTRUCTIVA: $\Delta\phi = k_n \cdot 2t = \pi(1+2m) \Rightarrow 2tn = (2m+1)\lambda/2$

2) INT. DESTRUCTIVA: $\Delta\phi = k_n \cdot 2t = 2\pi m \Rightarrow 2tn = m\lambda$

... donde $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ y $k_n = 2\pi/\lambda_n$

2. Difracción:

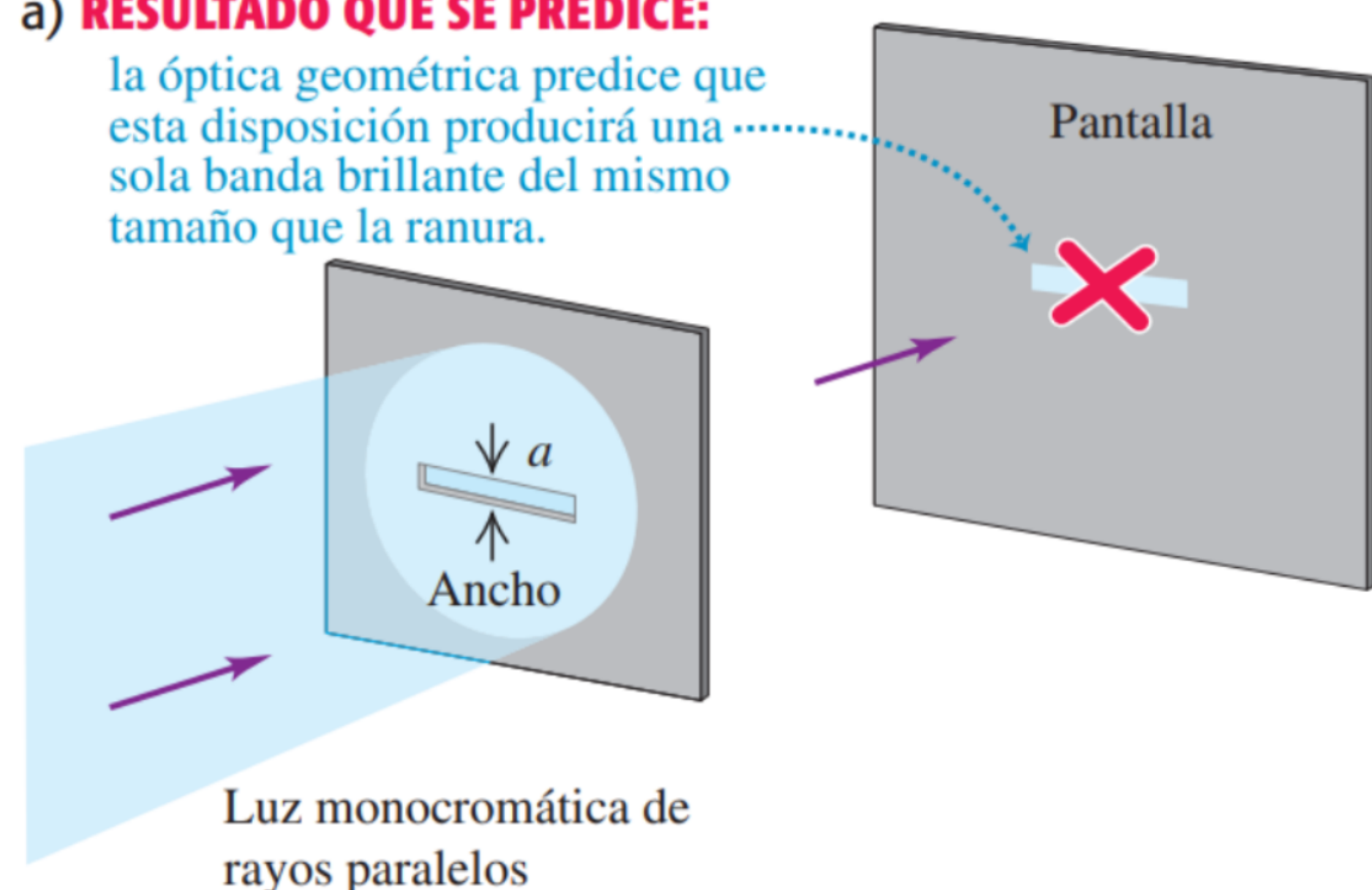
...Hasta ahora se ha supuesto que las rendijas son fuentes puntuales de luz. Si consideramos que tienen un ancho finito a , por el ppio. de Huygens, c/ parte de la rendija actúa como una fuente de ondas luminosas, y la luz proveniente de una sección de la rendija puede interferir con la luz de otra sección!

→ La difracción se conoce como la prop. de la luz (de cualquier onda en realidad) de rodear un obstáculo!

• Notar la diferencia entre lo que predice la óptica geométrica, y lo que se observa!

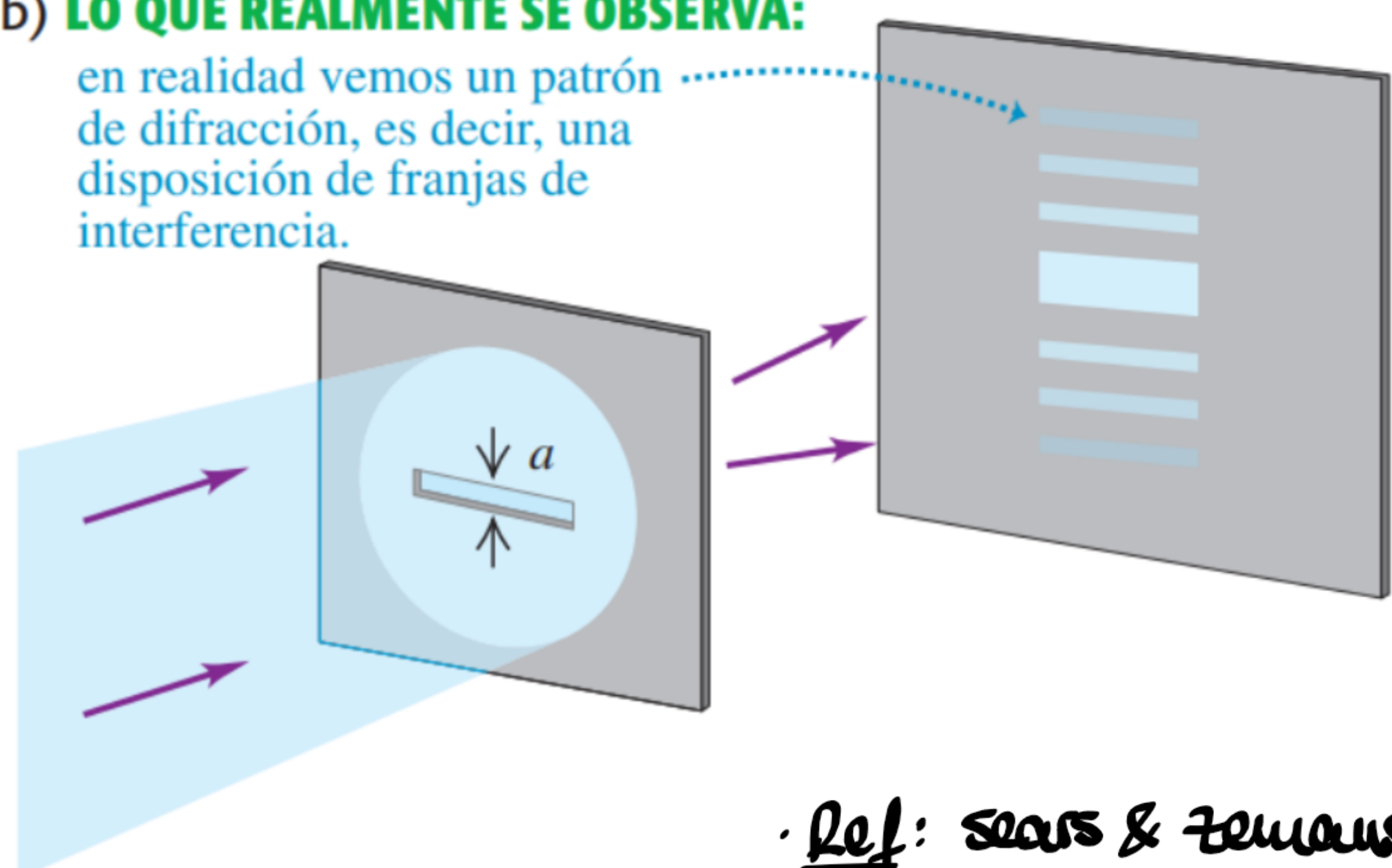
a) RESULTADO QUE SE PREDICE:

la óptica geométrica predice que esta disposición producirá una sola banda brillante del mismo tamaño que la ranura.



b) LO QUE REALMENTE SE OBSERVA:

en realidad vemos un patrón de difracción, es decir, una disposición de franjas de interferencia.



Ref: Sears & Zemansky

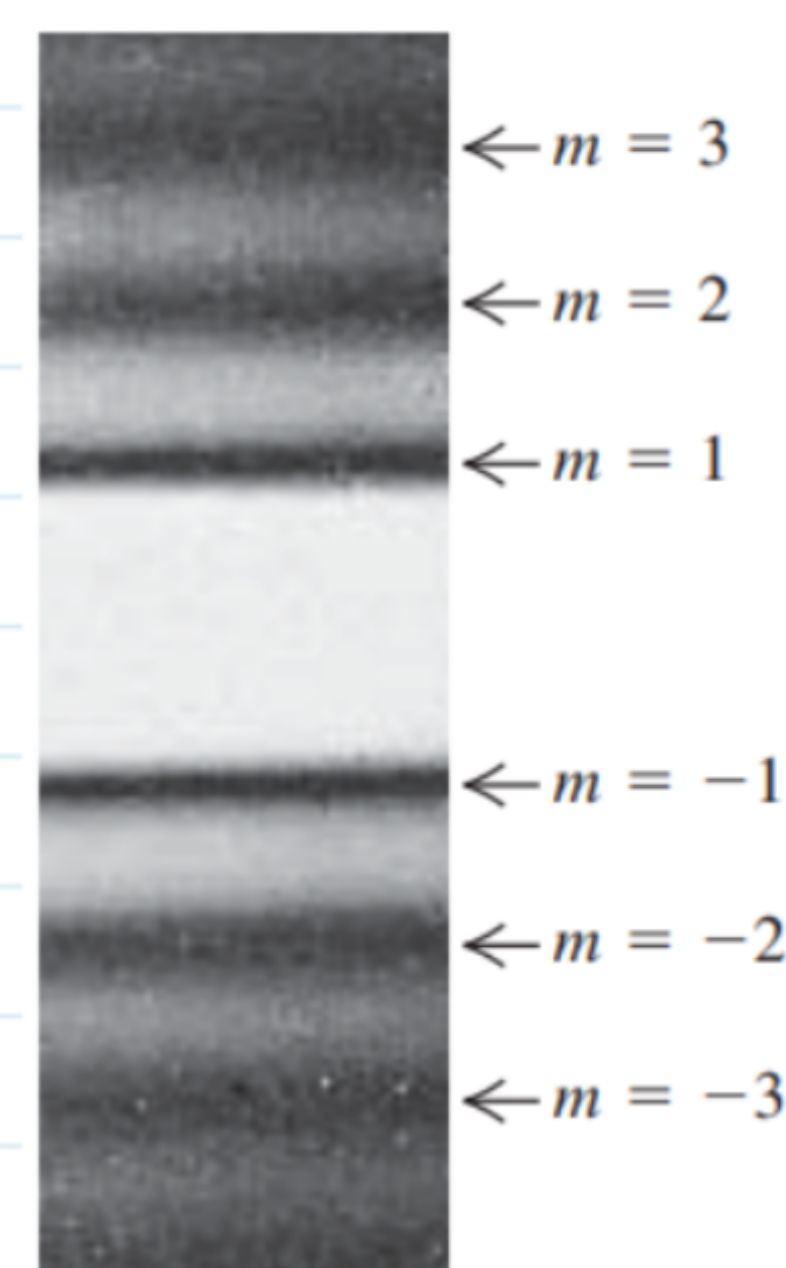
Para 1 ranura, la condición para **INTERFERENCIA DESTRUCTIVA** es:

$$a \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda \quad \rightarrow \text{franjas oscuras}$$

... donde $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ (qjo, m no puede ser cero!) y λ es la long. de onda de la luz.

→ Entre las franjas oscuras, se forman **franjas brillantes!**

* La difracción es "relevante" cuando $a \approx \lambda$.



FÍSICA CUÁNTICA:

→ Todo surge de notar que la luz no solo puede comportarse como onda, sino también como **partícula!** → **FOTONES**.

Einstein lo propuso, y ganó el Nobel por eso! 🏆

Esto implica que la luz no transporta energía en un continuo, sino en paquetitos (llamados "cuantos", de ahí el nombre de física cuántica) de energía, mediante los fotones:

$$E = h \cdot f \quad \rightarrow \text{Energía de un fotón}$$

- f : frecuencia de la luz.
- h : cte. de Planck.

→ Efecto fotoeléctrico:

Cuando sobre un material (metal) incide luz, el material puede emitir electrones. La ec. del E.F. es:

$$K_{\text{electrón}}^{\text{máx}} = E_{\text{fotón}} - \Phi \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m_e v^2 = hf - \Phi$$

... donde m_e y v son la masa y rapidez del e^- emitido, y Φ es la función trabajo (es una característica del material).

→ **¡OJO!** Sólo se observará E.F. si la energía del fotón incidente es mayor a la fu. trabajo, es decir, si $hf > \Phi$.

• Props:

- K aumenta con f , y es independiente de la amplitud de la luz.
- El n° de e^- emitidos aumenta con la amplitud de la luz.
- El E.F. es un efecto "1-1", es decir, se tiene que 1 fotón excita 1 electrón (si $hf > \Phi$).

