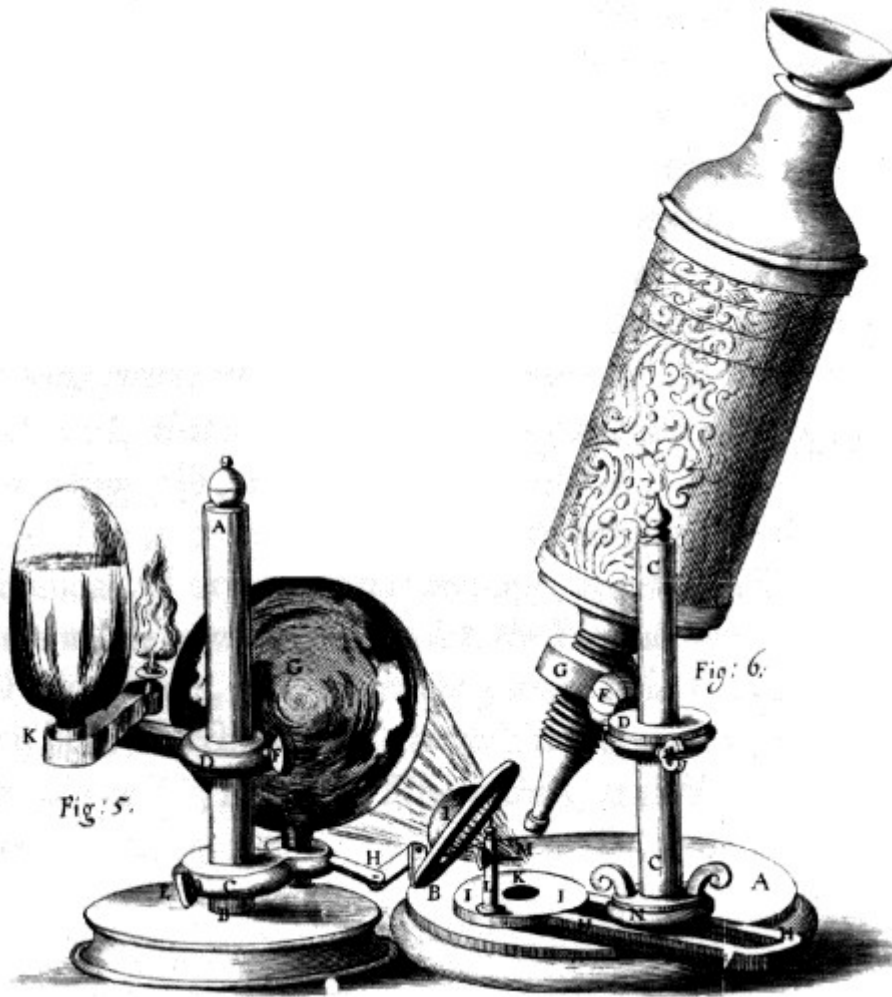


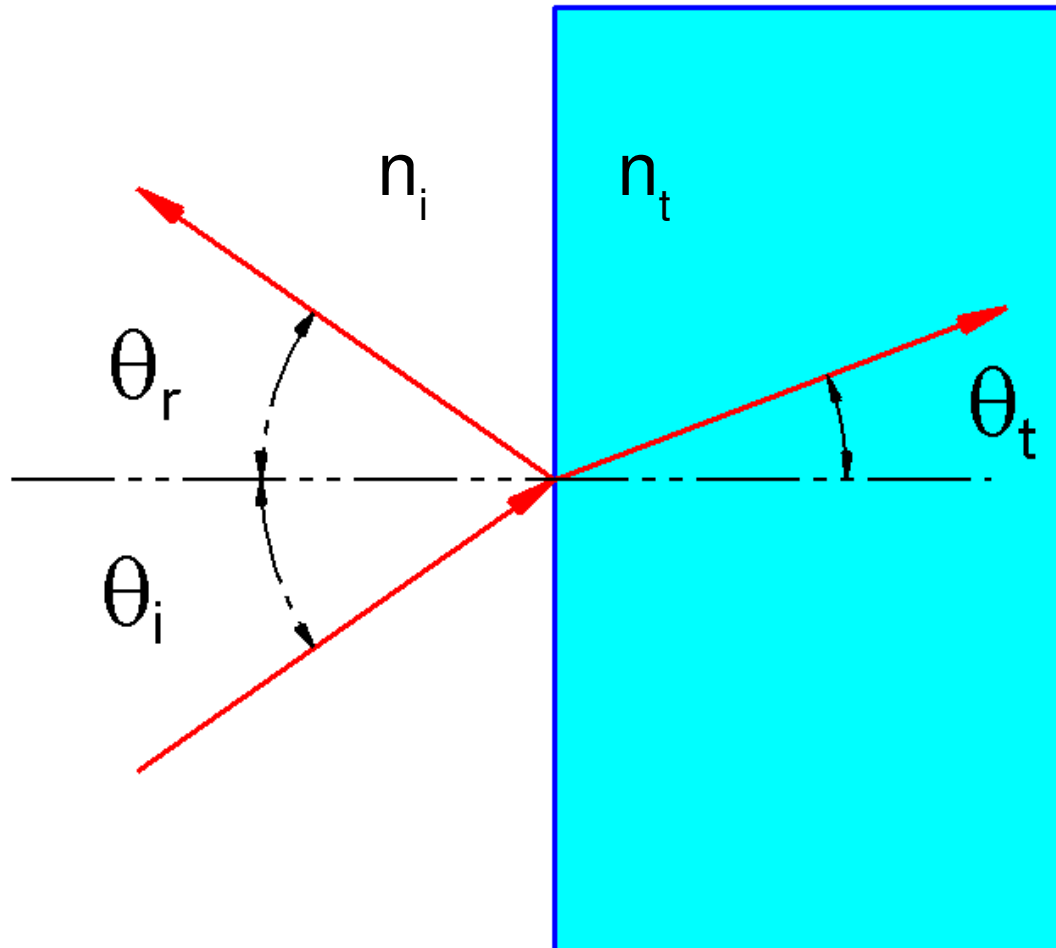
# Del Microscopio Optico al Electrónico

Taller de Ciencia  
para Jóvenes

Ensenada, BC, 2008

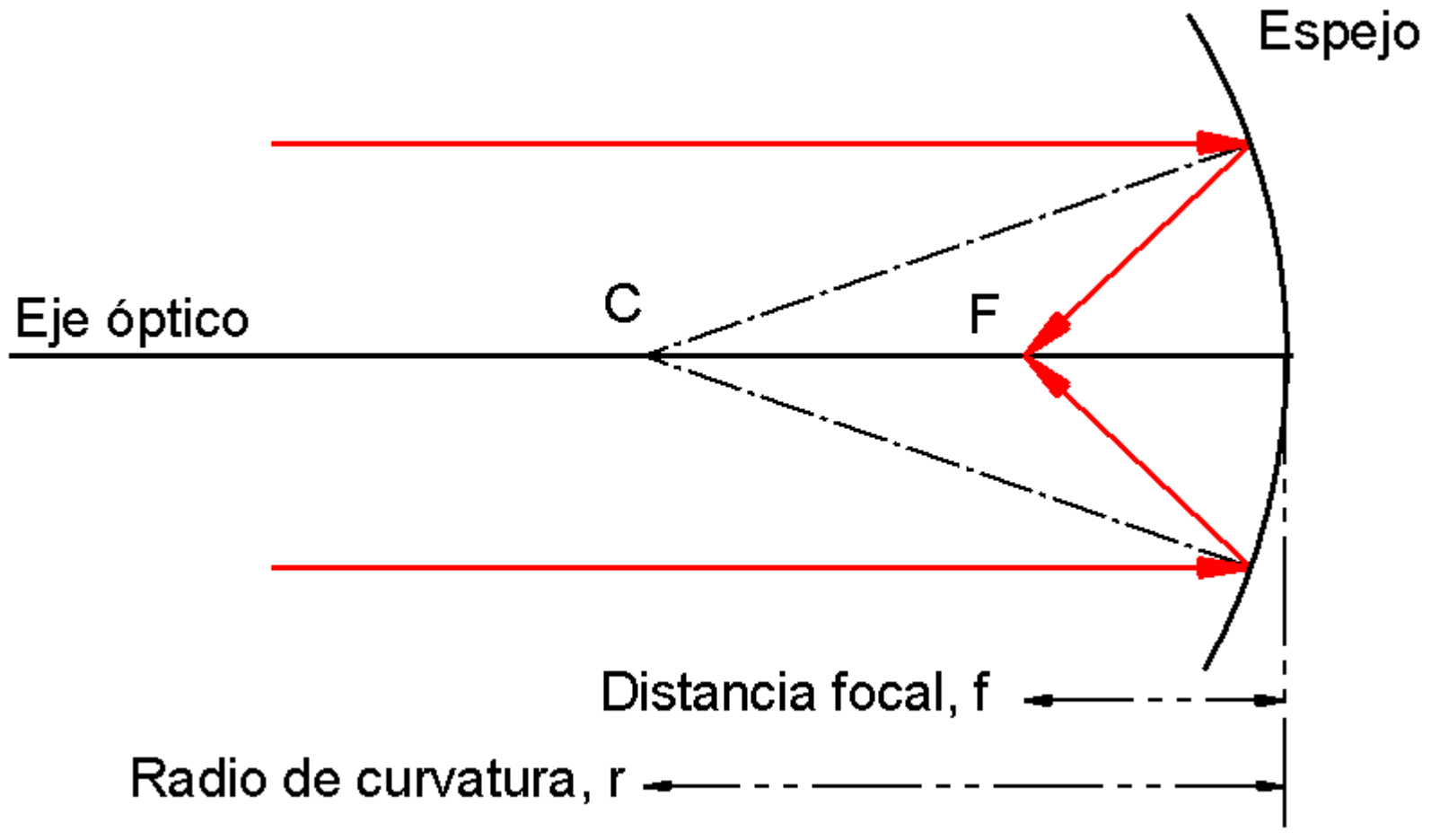


# Ley de Snell

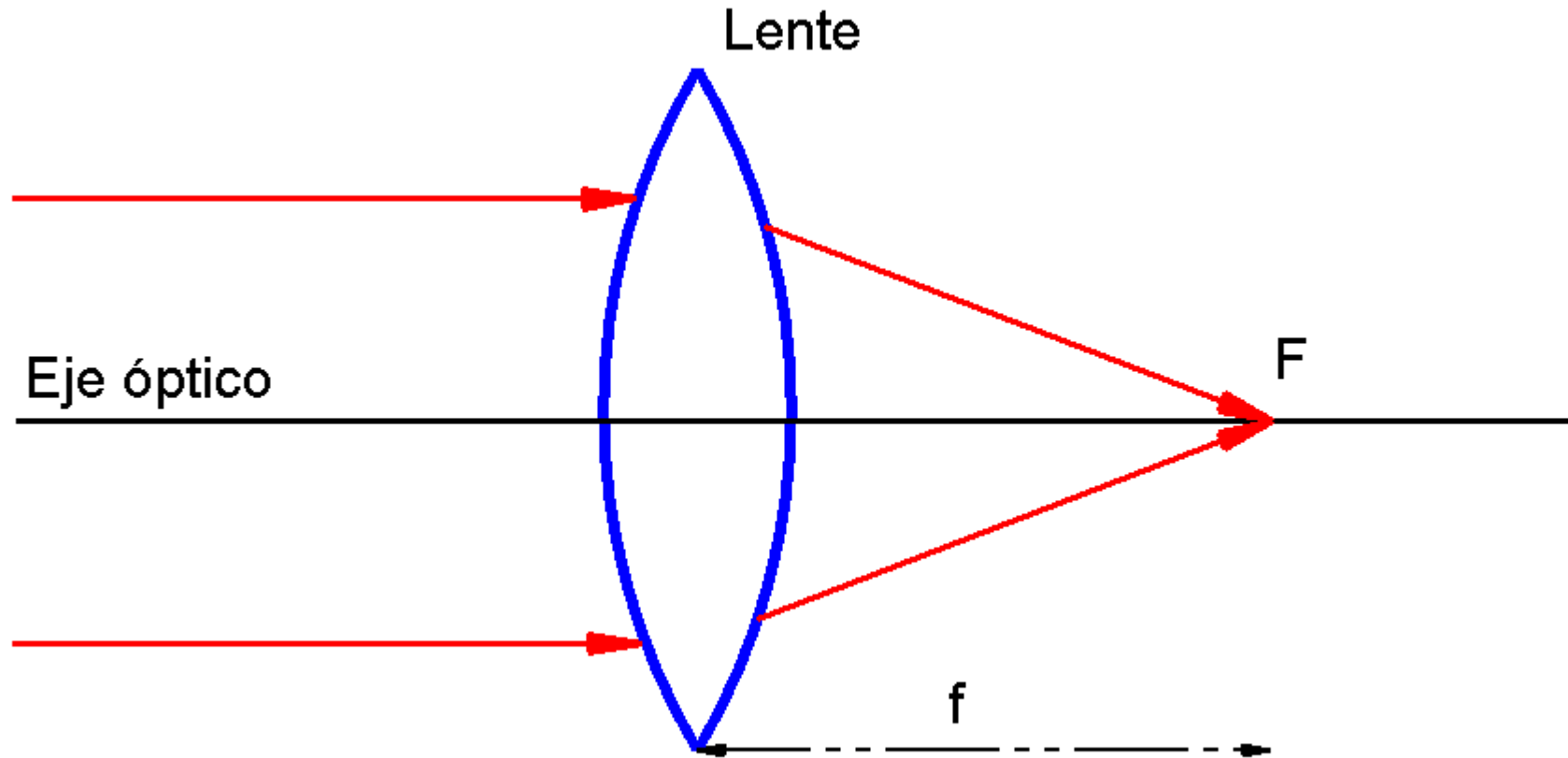


$$n_i \text{sen}(\theta_i) = n_t \text{sen}(\theta_t)$$

# Reflexión en un espejo

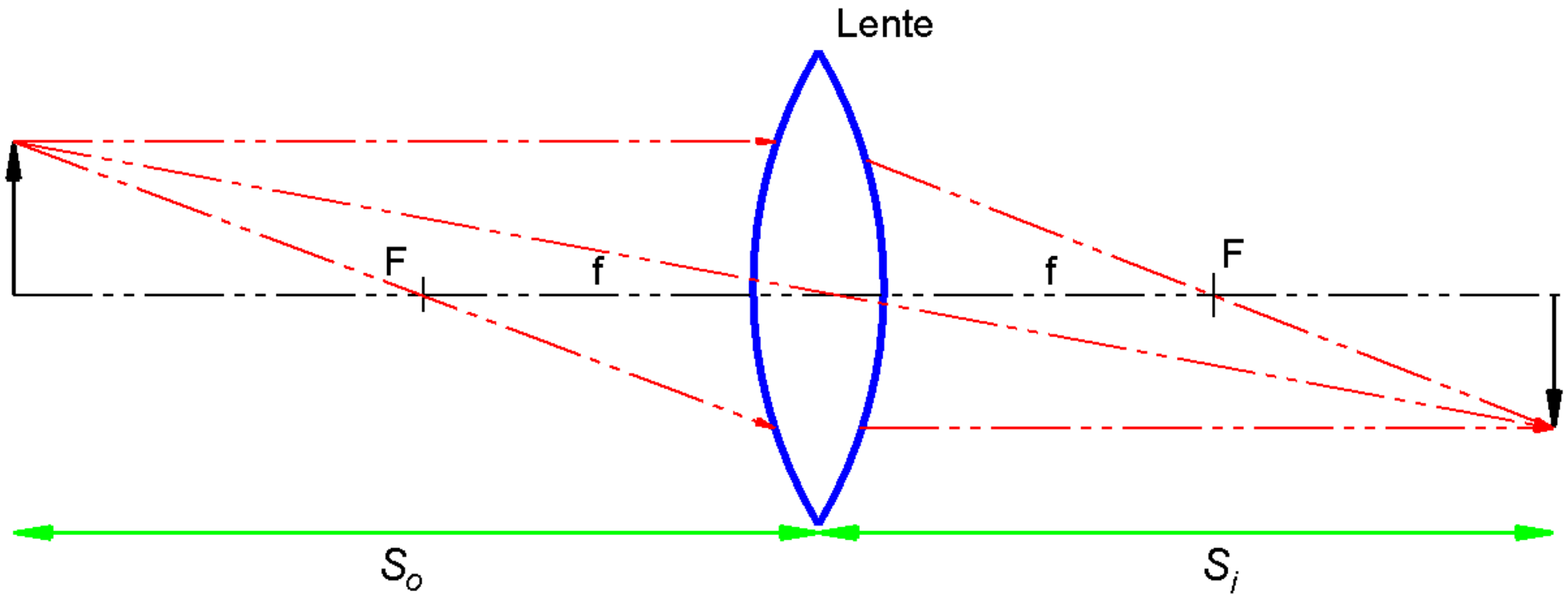


# Refracción de una lente



$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

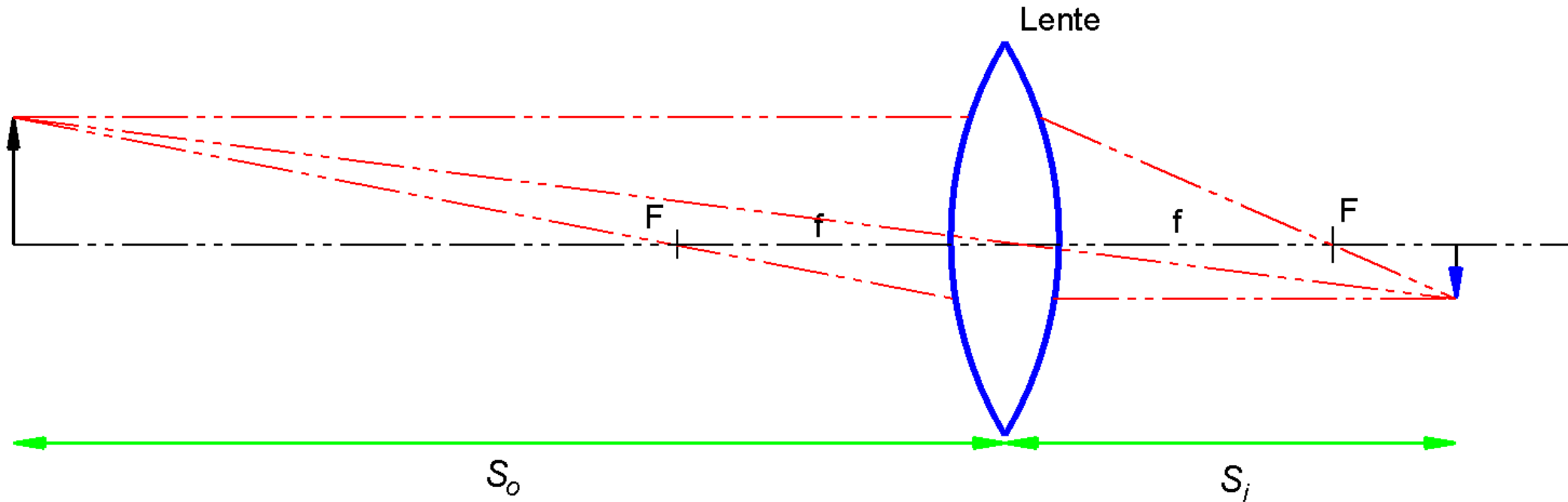
# Formación de imagen, $S_o > 2f$



$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

$$m = -\frac{S_i}{S_o}$$

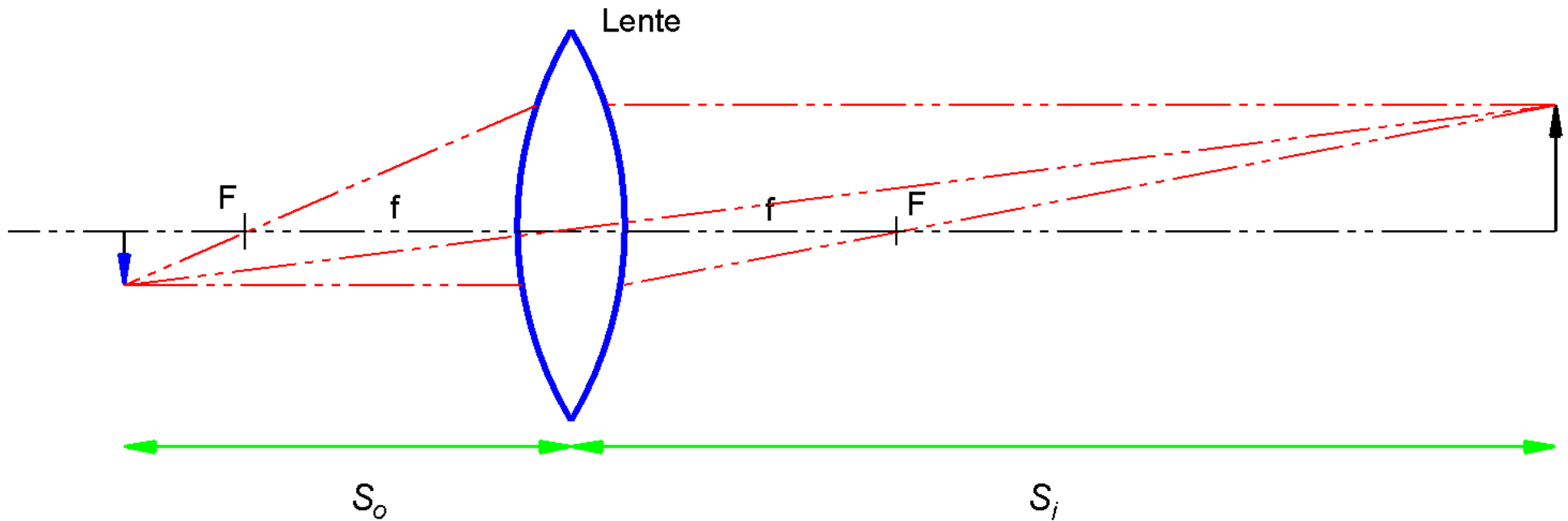
# Formación de imagen, $S_o \gg 2f$



$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

$$m = -\frac{S_i}{S_o}$$

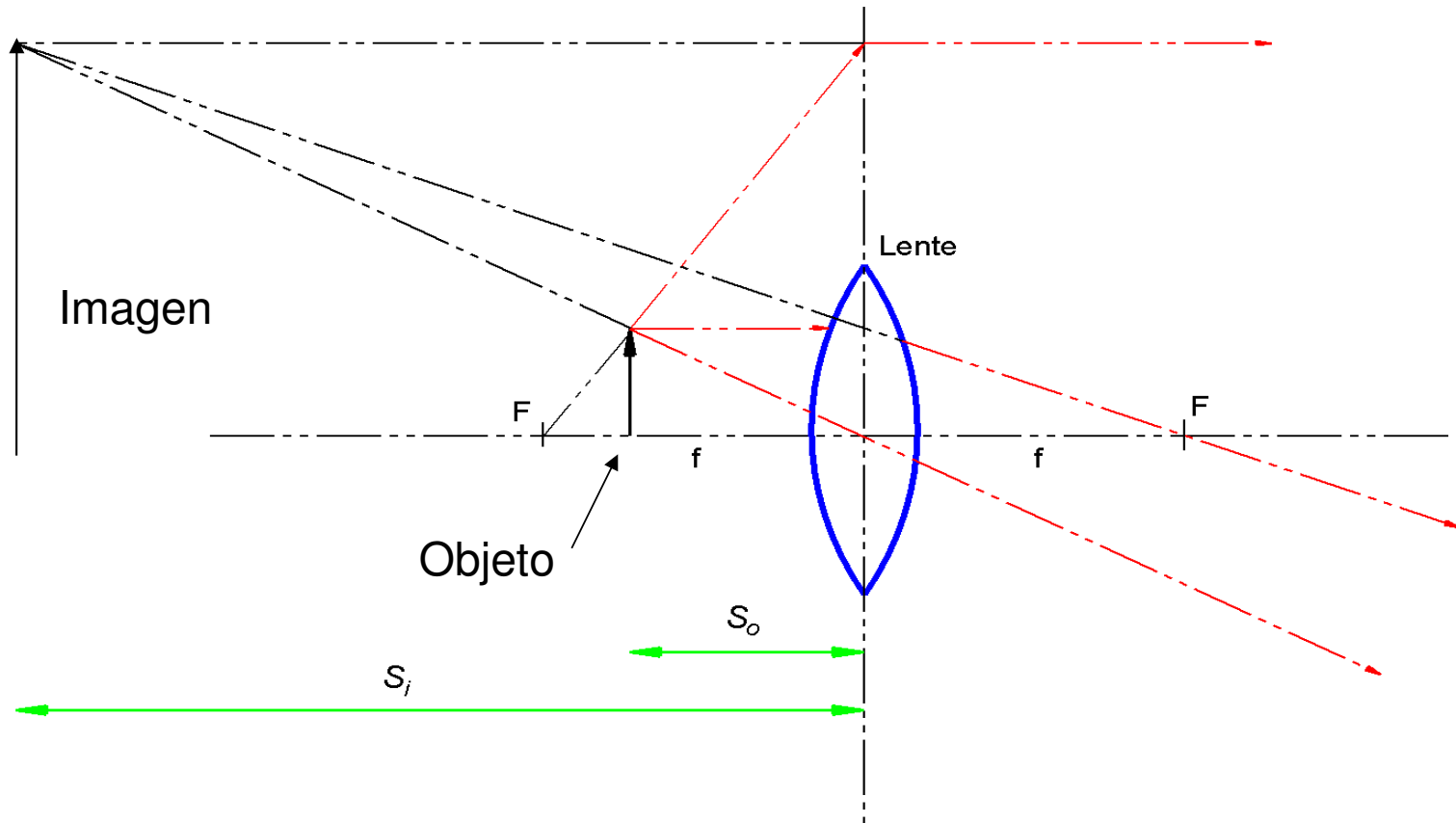
# Formación de imagen. $2f > S_o > f$



$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

$$m = -\frac{S_i}{S_o}$$

# Formación de imagen, $f > S_o$

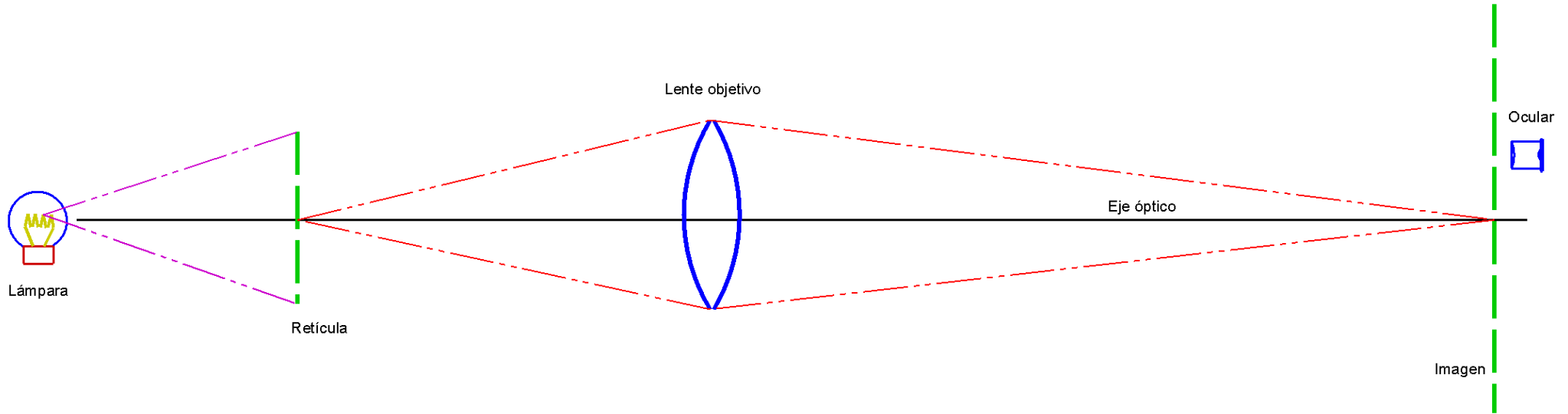


$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

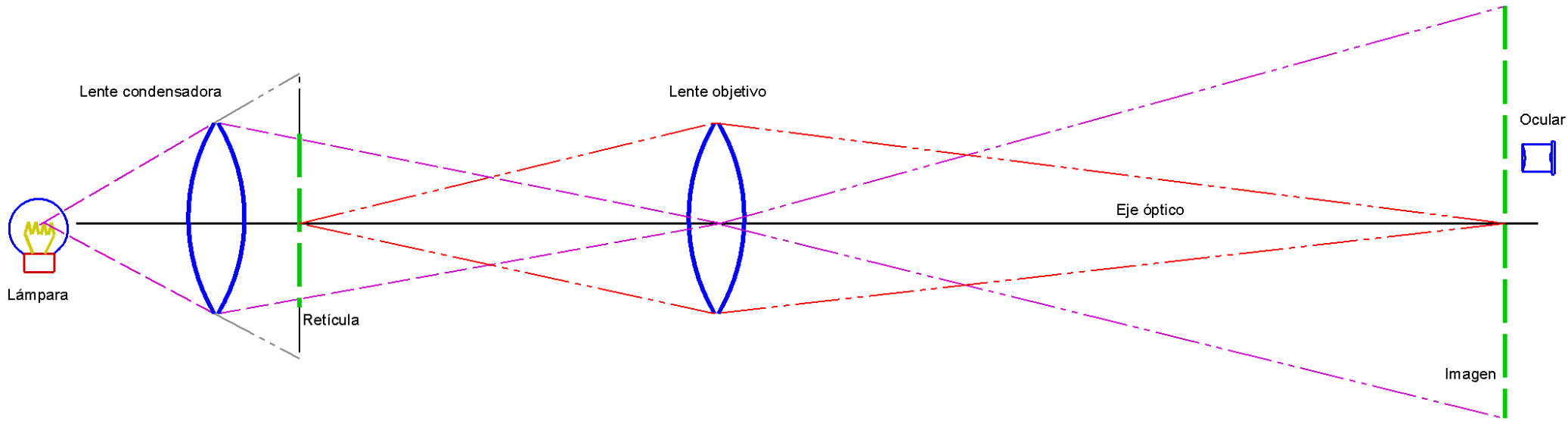
$$m = -\frac{S_i}{S_o}$$



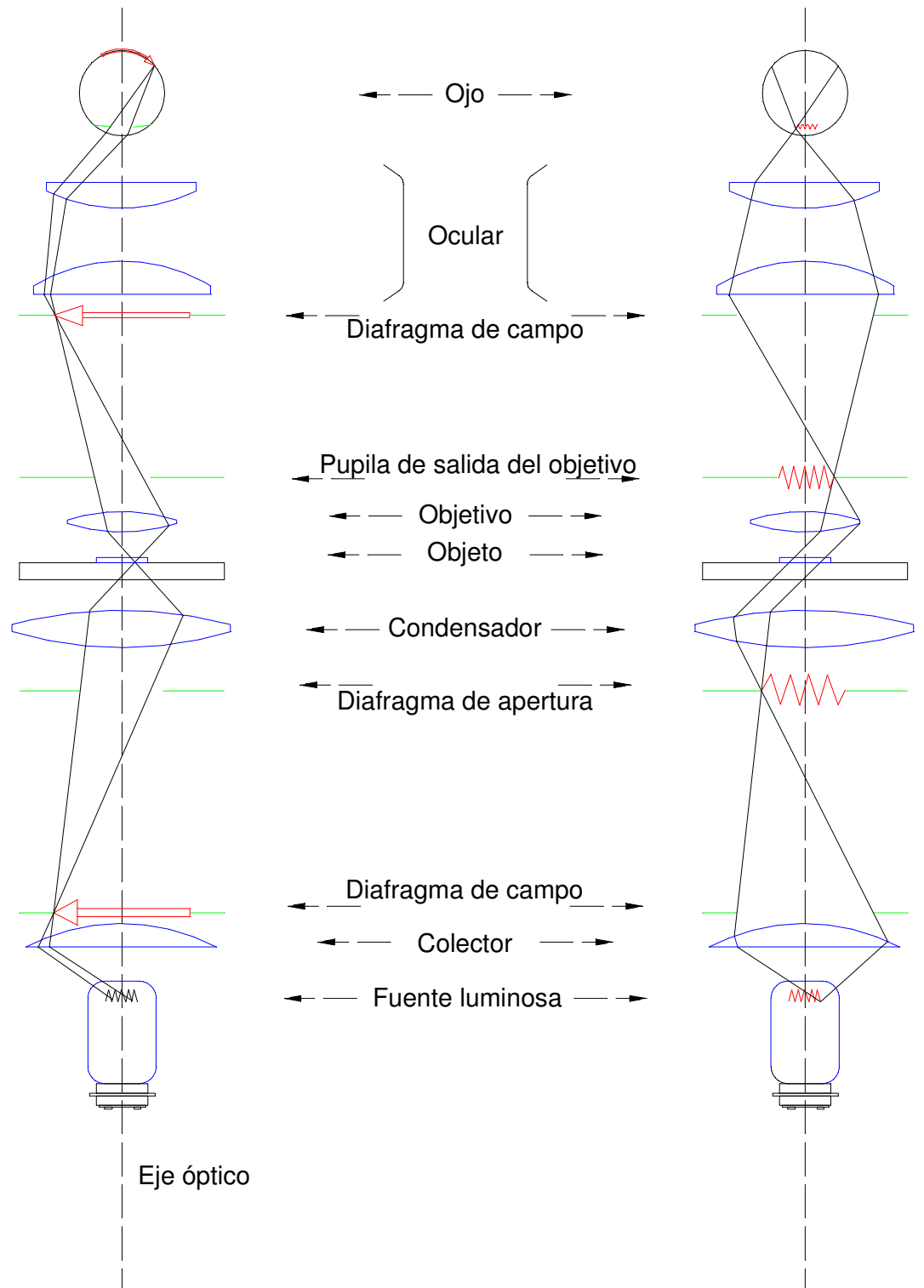
# Microscopio compuesto



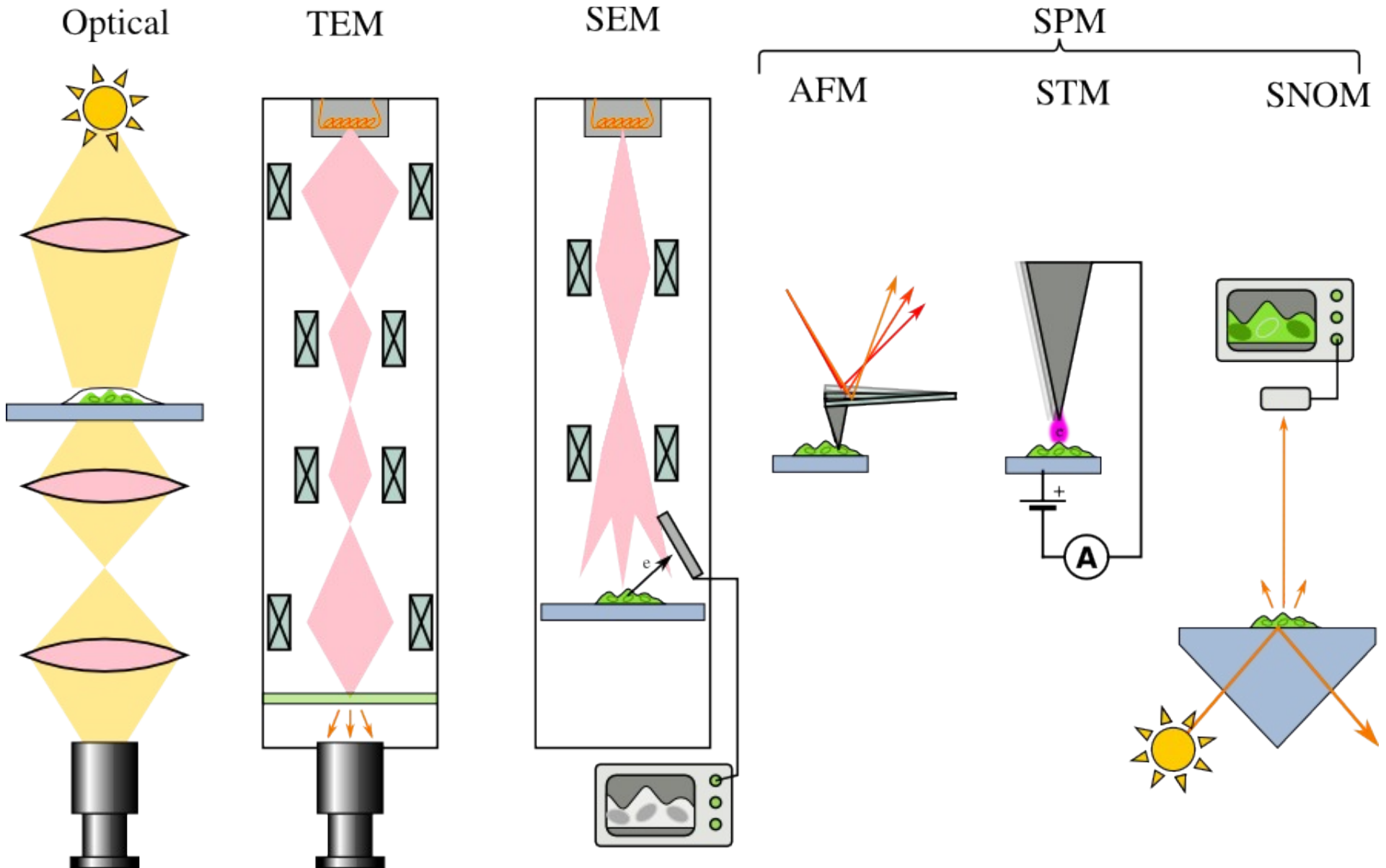
# Microscopio compuesto



# Microscopio compuesto



# Tipos de Microscopio



# STM

- **Microscopio de efecto túnel** podríamos definirlo como una máquina capaz de revelar la estructura atómica de las partículas. La técnicas aplicadas se conocen también como "de barrido de túnel" y están asociadas a la mecánica cuántica. Se basan en la capacidad de atrapar a los electrones que escapan en ese efecto túnel, para lograr una imagen de la estructura atómica de la materia con una alta resolución, en la que cada átomo se puede distinguir de otro.
- Una vez llevado el proceso en el microscopio, escaneando la superficie del objeto y haciendo un mapa de la distancia entre varios puntos, se genera una imagen en tres dimensiones. Los microscopios de efecto túnel también han sido utilizados para producir cambios en la composición molecular de las sustancias. Es un instrumento fundamental en el campo de la nanotecnología y la nanociencia.
- Inventado por Binnig y Rohrer en 1981, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel en 1986 por este descubrimiento.

# TEM

- Un microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés, o MET, en español) es un microscopio que utiliza un haz de electrones para visualizar un objeto debido a que la potencia amplificadora de un microscopio óptico está limitada por la longitud de onda de la luz visible.

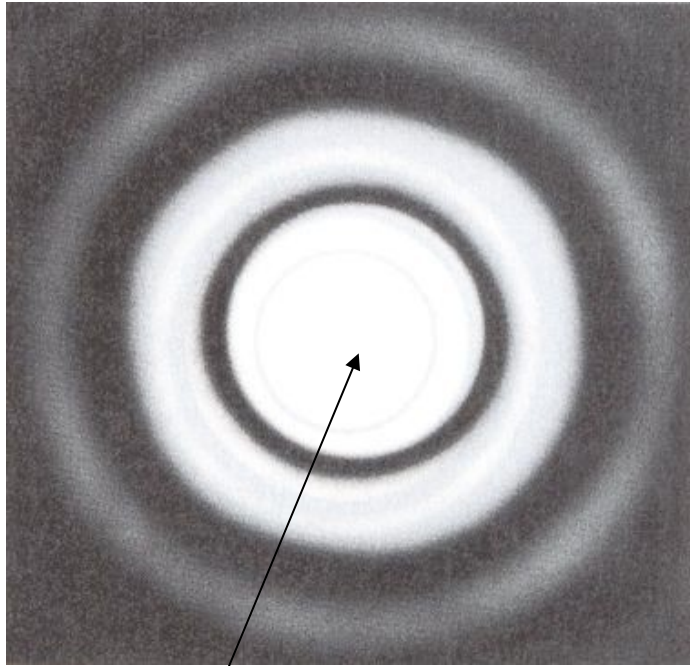
El primer microscopio electrónico de transmisión fue desarrollado entre 1931 y 1933 por Ernst Ruska y sus colaboradores. La óptica básica de ese primer microscopio electrónico se mantiene hasta nuestros días; los cambios en los microscopios modernos consisten en adicionar más lentes para incrementar el ámbito de aumentos y darle mayor versatilidad. El primer microscopio electrónico de transmisión comercial lo construyó Siemens en 1939.

Entre otras cosas, se utiliza en microbiología, para observar la estructura de los virus.

# SEM

- El **Microscopio electrónico de barrido** (o **SEM**, de *Scanning Electron Microscopy*), es aquel que usa electrones en lugar de luz para formar una imagen. Tiene una gran profundidad de campo, la cual permite que se enfoque a la vez una gran parte de la muestra. También produce imágenes de alta resolución, que significa que características espacialmente cercanas en la muestra pueden ser examinadas a una alta magnificación. La preparación de las muestras es relativamente fácil pues la mayoría de SEMs sólo requieren que estas sean conductoras.
- Son ampliamente utilizados en la biología celular. Aunque permite una menor capacidad de aumento que el microscopio electrónico de transmisión, este permite apreciar con mayor facilidad texturas y objetos en tres dimensiones que hayan sido pulverizados metálicamente antes de su observación. Por esta razón solamente pueden ser observados organismos muertos, y no se puede ir más allá de la textura externa que se quiera ver. Los microscopios electrónicos sólo pueden ofrecer imágenes en blanco y negro puesto que no utilizan la luz.

# Resolución entre dos puntos



Disco de Airy

Radio del disco de Airy:

$$q = 1.22 f\lambda/D$$

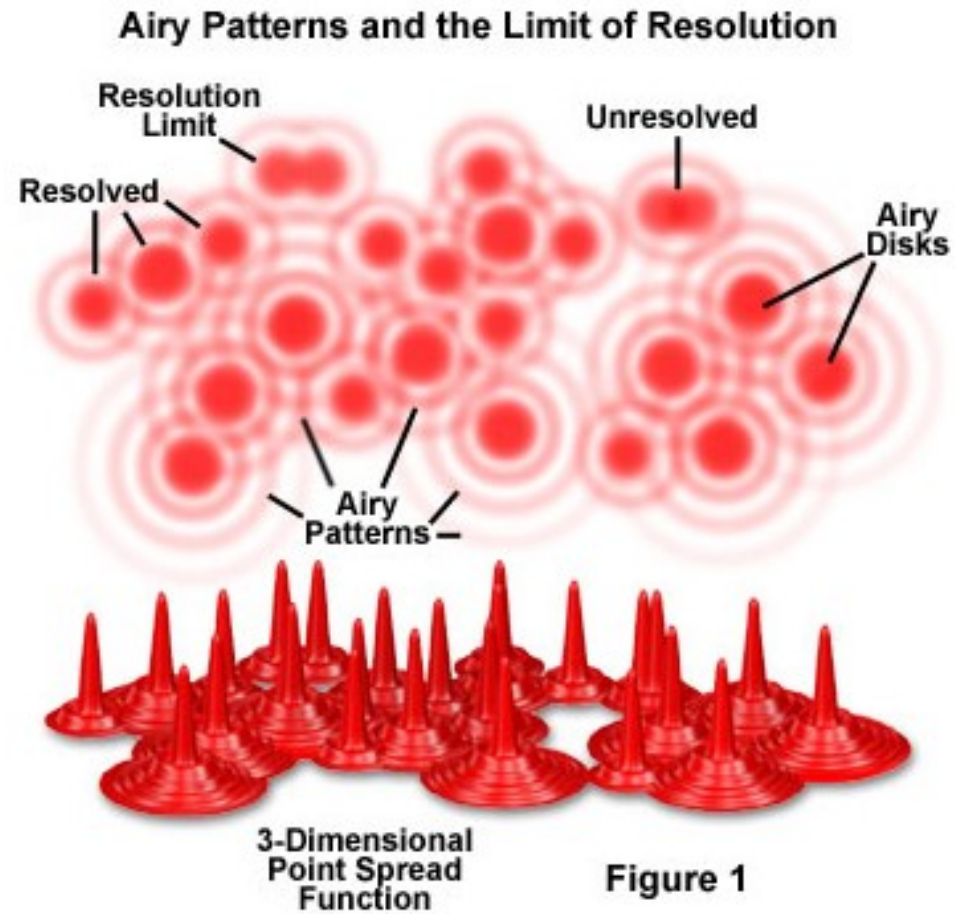
f distancia focal del sistema

$\lambda$  color

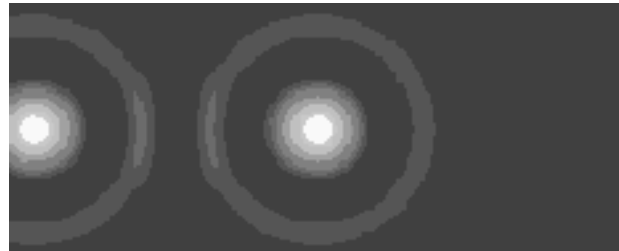
D diametro de sistema



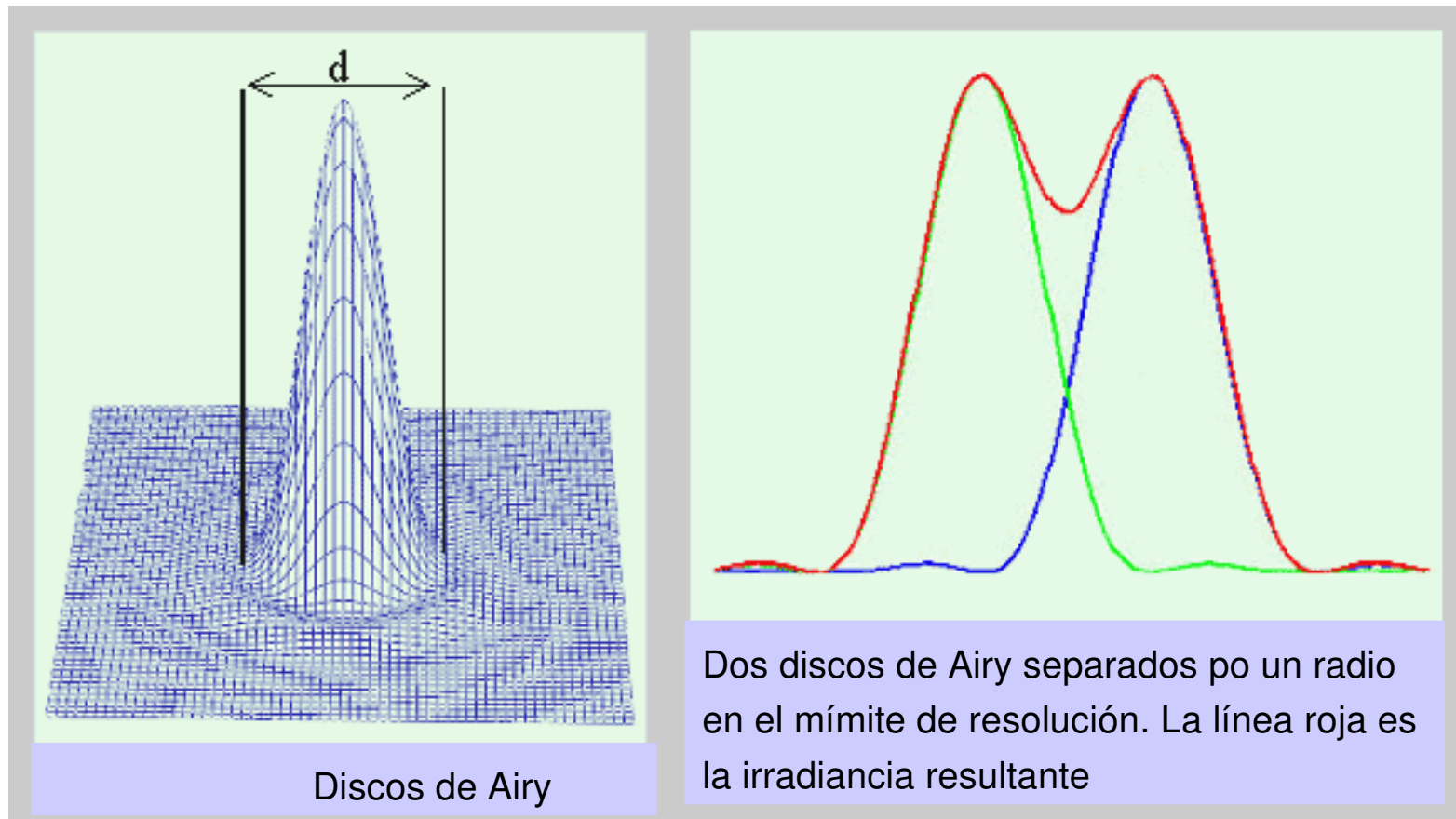
# Sistema “perfecto”



# Resolución espacial y espectral



# Resolución espacial y espectral



Criterio de Rayleigh 
$$d = 0.61 \frac{\lambda}{[N.A.]} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

En el espectro visible la resolución puede llegar a  $d=200\text{nm}$

# “Color” en Microscopía Electrónica

La longitud de onda  $\lambda$  de De Broglie wavelength para un electrón con momentum  $p$  es

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2m_e E_b}}$$

$h$  es la constante de Planck. El electrón tiene masa en reposo  $m_e$  y energía

$$E_e = m_e c^2 = 511 \text{ keV}.$$

Si un electrón con carga  $q_e$  es acelerado del reposo por un potencial eléctrico  $U$ , el haz de electrones con energía  $E_b = q_e U$ , tendrá una longitud de onda de **1 nm** a **1 eV** disminuyendo a **1 pm** para **100 keV** donde estará viajando a un 50% de la velocidad de la luz.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Microscope>

[http://en.wikibooks.org/wiki/Nanotechnology/Electron\\_microscopy](http://en.wikibooks.org/wiki/Nanotechnology/Electron_microscopy)