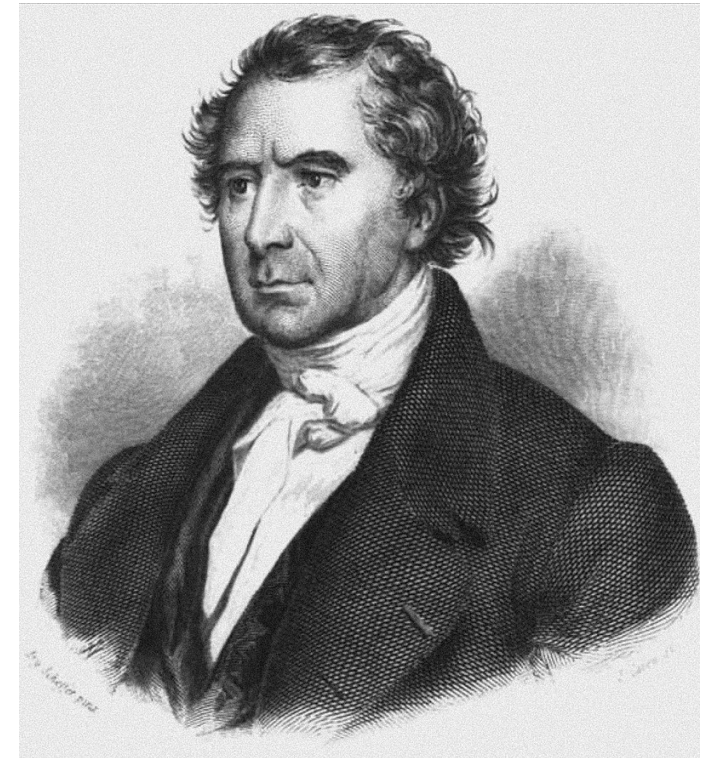


# Actividad óptica

# Actividad óptica

- La manera en la que la luz interactúa con una sustancia material puede proveer información sobre su estructura molecular.
- En 1811 Dominique (François) Arago observa la rotación continua de la dirección de polarización lineal al **propagarse la luz sobre el eje óptico del cuarzo**



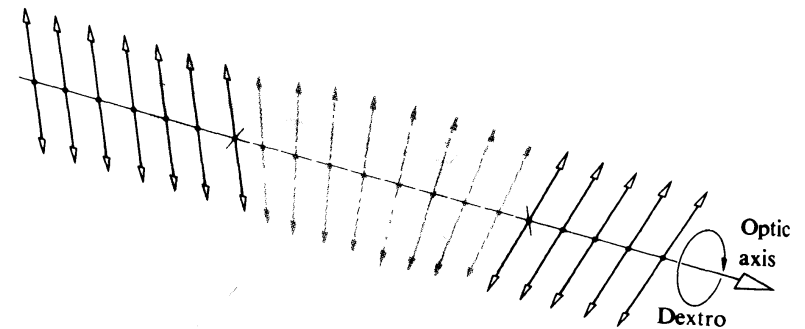
Dominique François Jean Arago

# Actividad óptica

- Todo material que genera una rotación del campo  $\vec{E}$  de una onda lineal plana incidente se denomina **ópticamente activo**.
- Al mismo tiempo que Arago, Jean Baptiste Biot diferencia rotaciones:
  - **Dextrógiras** (sentido horario mirando a la fuente)
  - **Levógiras** (antihorario)
- Distintos sentidos corresponden a distintas estructuras cristalinas.



Jean Baptiste Biot



rotación dextrógira del cuarzo

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Planteó que la actividad óptica corresponde a distintos índices de refracción para distintos sentidos de polarización circular (Birrefringencia circular)
- Como la polarización lineal es la suma de dos ondas polarizadas en sentidos opuestos, al entrar en una sustancia ópticamente activa se produce una diferencia de fase entre las ondas polarizadas circularmente lo cual da como resultado una rotación en la dirección de polarización.



Augustin-Jean Fresnel

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Supongamos dos ondas **de la misma frecuencia y amplitud** polarizadas circularmente en sentidos opuestos:

$$\vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{R}} = \frac{E_0}{2} [\hat{\mathbf{i}} \cos (k_{\mathcal{R}}z - \omega t) + \hat{\mathbf{j}} \sin (k_{\mathcal{R}}z - \omega t)] \quad \text{Polarización derecha}$$

$$\vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{L}} = \frac{E_0}{2} [\hat{\mathbf{i}} \cos (k_{\mathcal{L}}z - \omega t) - \hat{\mathbf{j}} \sin (k_{\mathcal{L}}z - \omega t)] \quad \text{Polarización izquierda}$$

- Como la frecuencia es la misma, la relación entre  $k$  y  $n$  queda

$$k_{\mathcal{R}} = k_0 n_{\mathcal{R}} \quad \text{y} \quad k_{\mathcal{L}} = k_0 n_{\mathcal{L}}.$$

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- El campo resultante de la suma de ambas ondas es:

$$\vec{\mathbf{E}} = \vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{R}} + \vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{L}},$$

- Donde

$$\vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{R}} = \frac{E_0}{2} [\hat{\mathbf{i}} \cos (k_{\mathcal{R}}z - \omega t) + \hat{\mathbf{j}} \sin (k_{\mathcal{R}}z - \omega t)]$$

$$\vec{\mathbf{E}}_{\mathcal{L}} = \frac{E_0}{2} [\hat{\mathbf{i}} \cos (k_{\mathcal{L}}z - \omega t) - \hat{\mathbf{j}} \sin (k_{\mathcal{L}}z - \omega t)]$$

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Consideremos las igualdades trigonométricas siguientes:

$$\cos \theta + \cos \varphi = 2 \cos \left( \frac{\theta + \varphi}{2} \right) \cos \left( \frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

$$\sin \theta - \sin \varphi = 2 \cos \left( \frac{\theta + \varphi}{2} \right) \sin \left( \frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Tomando  $\theta = k_R z - \omega t$  y  $\varphi = k_L z - \omega t$  tenemos:

$$\frac{\theta + \varphi}{2} = \frac{k_R + k_L}{2} z - \omega t$$

y

$$\frac{\theta - \varphi}{2} = \frac{k_R - k_L}{2} z$$



# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Entonces, sumando las componentes x e y por separado y sacando factor común tenemos

$$\begin{aligned} \vec{\mathbf{E}} = E_0 \cos [(k_{\mathcal{R}} + k_{\mathcal{L}})z/2 - \omega t] & [\hat{\mathbf{i}} \cos (k_{\mathcal{R}} - k_{\mathcal{L}})z/2 \\ & + \hat{\mathbf{j}} \sin (k_{\mathcal{R}} - k_{\mathcal{L}})z/2] \end{aligned} \quad (8.36)$$

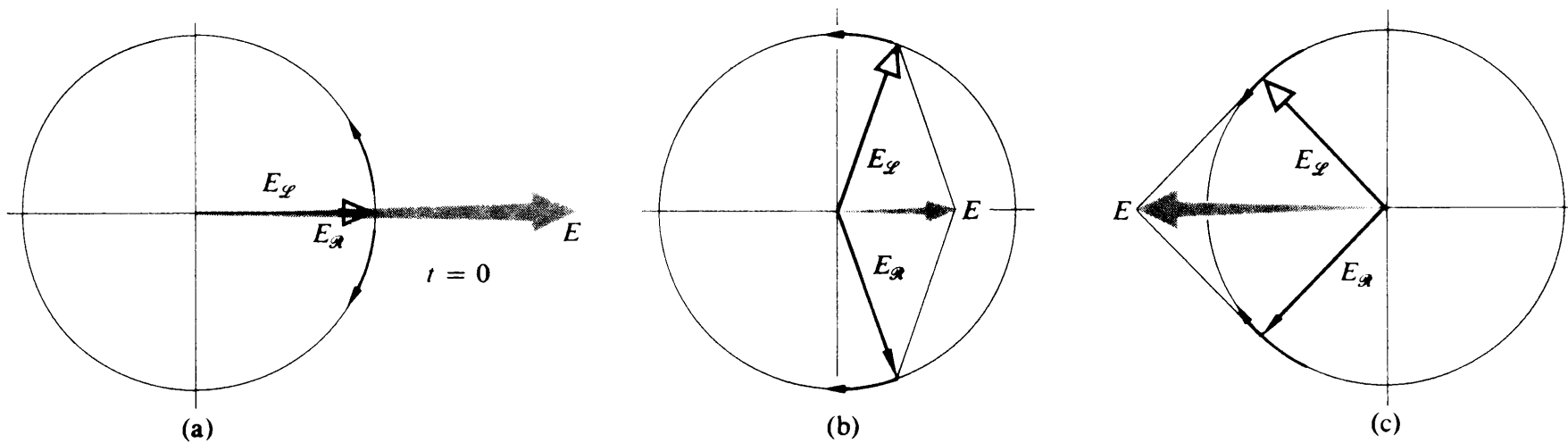
- Esto quiere decir que la oscilación se da en la dirección del vector:

$$\hat{\mathbf{i}} \cos \left( \frac{k_{\mathcal{R}} - k_{\mathcal{L}}}{2} z \right) + \hat{\mathbf{j}} \sin \left( \frac{k_{\mathcal{R}} - k_{\mathcal{L}}}{2} z \right)$$

# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Si tomamos  $z = 0$  como el punto de entrada en el material, ahí tenemos que:

$$\vec{E} = E_0 \hat{i} \cos \omega t$$

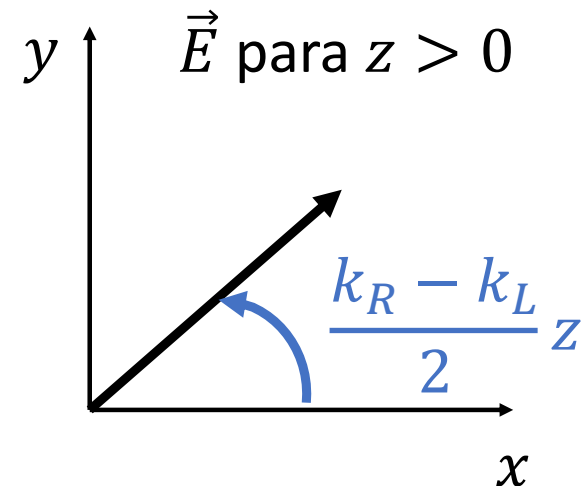


# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Como la oscilación de  $\vec{E}$  dentro del material ocurre en la dirección del vector:

$$\hat{i} \cos\left(\frac{k_R - k_L}{2} z\right) + \hat{j} \sin\left(\frac{k_R - k_L}{2} z\right)$$

- La dirección de la polarización lineal depende de  $z$  y de  $k_R$  y  $k_L$ .
- Para  $k_R > k_L$  rotación antihoraria.
- Para  $k_R < k_L$  rotación horaria.



# Explicación fenomenológica de Fresnel

- Tradicionalmente, el ángulo  $\beta$  de rotación de  $\vec{E}$  dentro del material se define **positivo cuando es horario, y negativo cuando es antihorario**.
- Entonces  $\beta$  se define como:

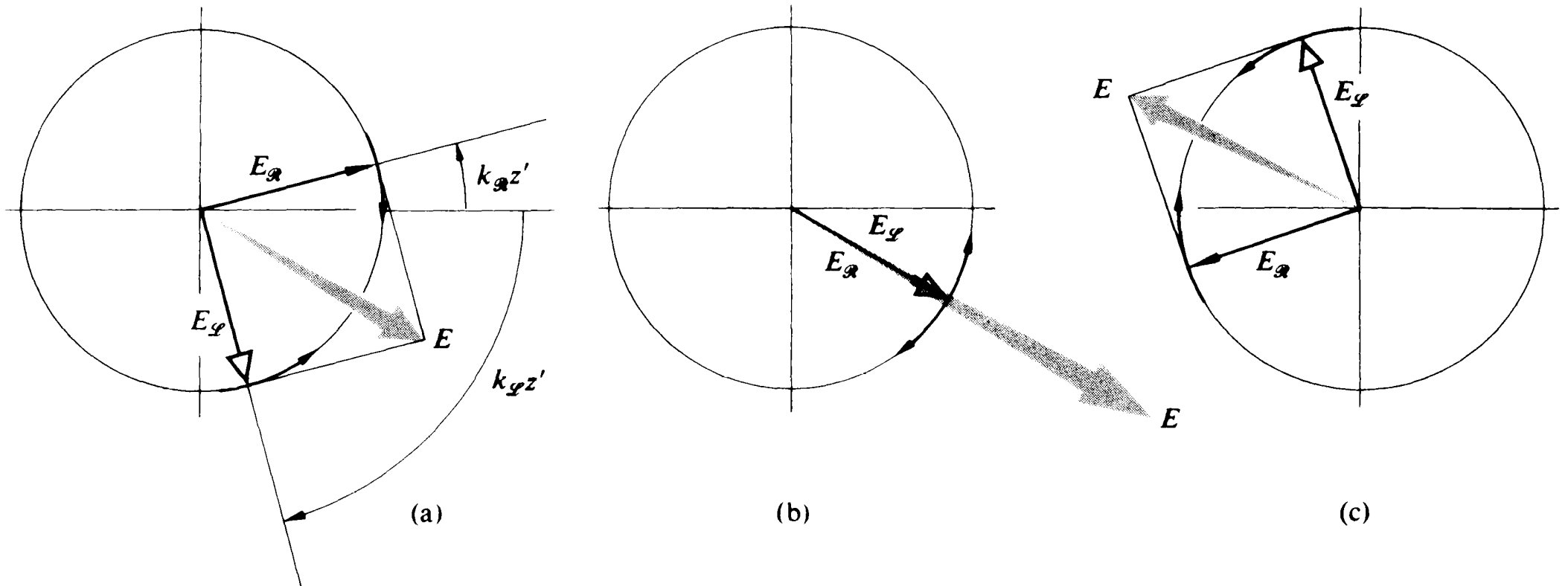
$$\beta(z) = -\frac{k_R - k_L}{2} z$$

- Si el medio tiene un espesor  $d$ , el ángulo de rotación  $\beta$  respecto a la entrada es:

$$\beta(d) = \frac{n_L - n_R}{\lambda} \pi d$$



Oscilación de  $\vec{E}$  para  $z > 0$  y  $k_L > k_R$  (dextrógiro)



# Poder rotatorio específico

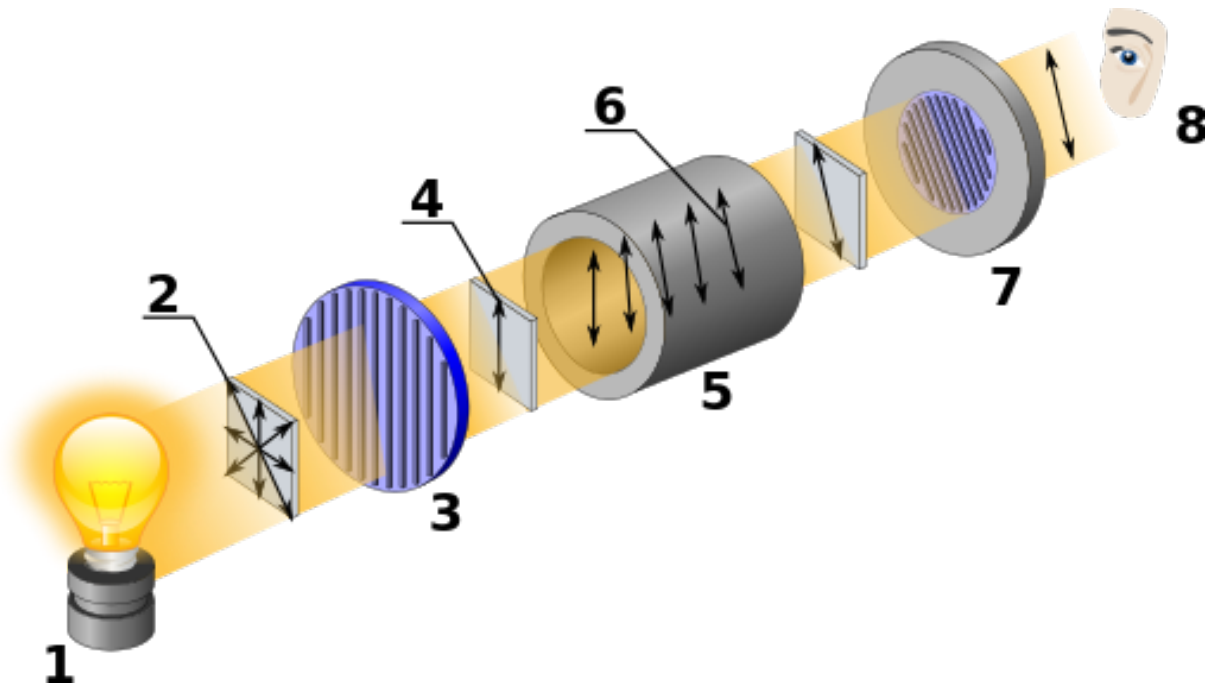
- El poder rotatorio específico es independiente de la distancia recorrida por la onda. Se define como:

$$\frac{\beta}{d} = \pi \frac{n_L - n_R}{\lambda}$$

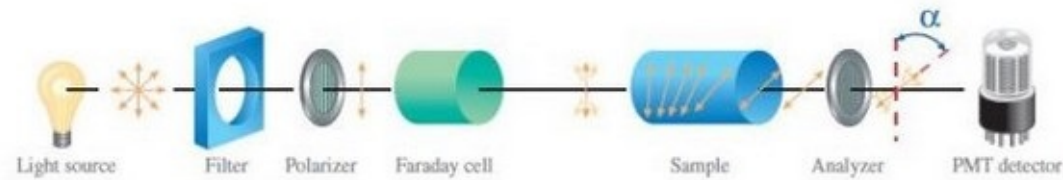
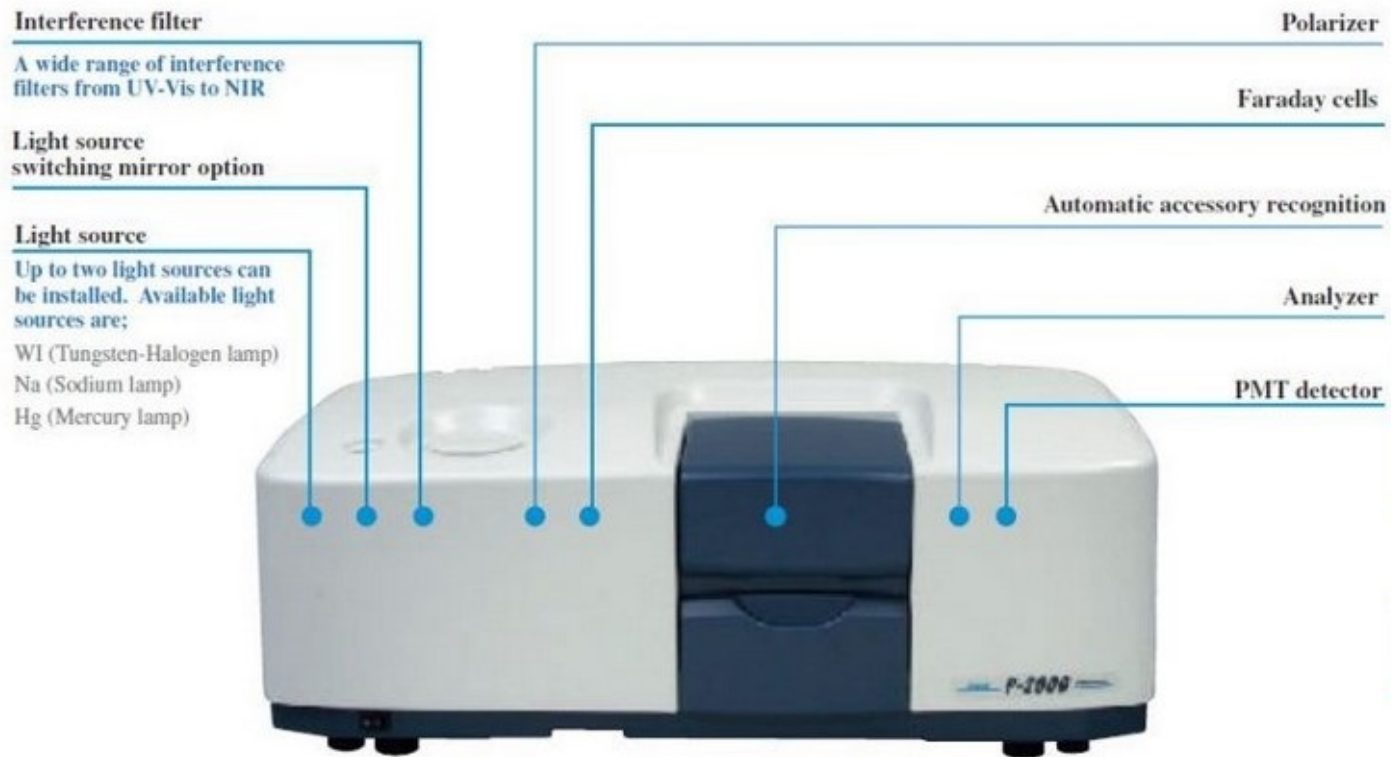
- En general se mide en  $\frac{\circ}{mm}$  para sólidos y en  $\frac{\circ}{cm}$  para líquidos
- Depende de  $\lambda$ . Usualmente referida al doblete del sodio a 25°C

# El polarímetro: principio de funcionamiento

1. Fuente monocromática
2. No polarizada
3. Polarizador
4. Polarización vertical
5. Recipiente con muestra
6. Rotación
7. Analizador
8. Observador



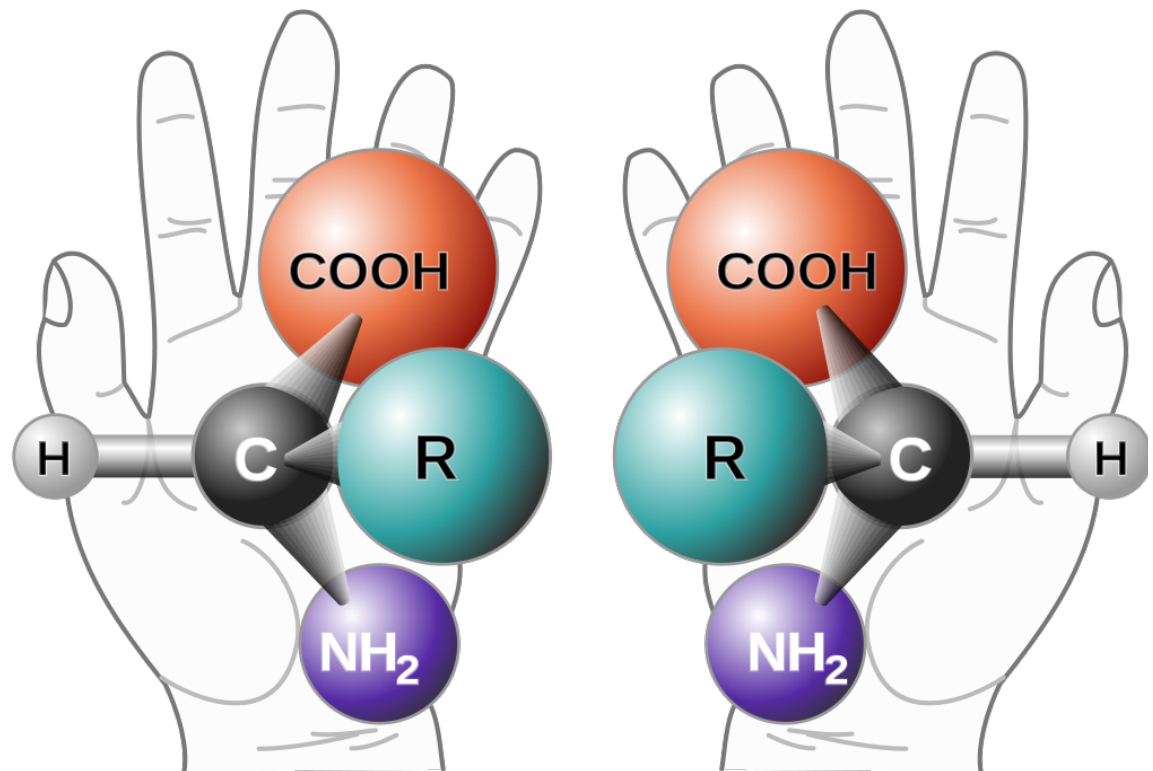
# Polarímetro digital





# Aplicaciones: estereoisómeros ópticos

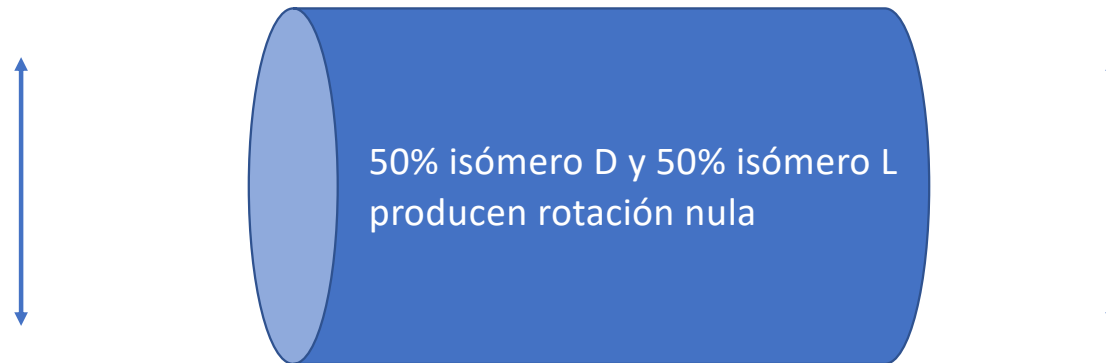
- Estereoisómeros ópticos son moléculas de igual composición pero de estructuras especularmente opuestas
- En 1848, Louis Pasteur diferencia estereoisómeros mediante el sentido de rotación de la polarización



Estereoisómeros

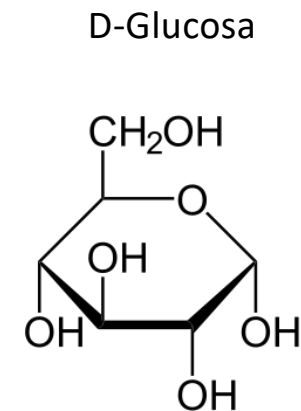
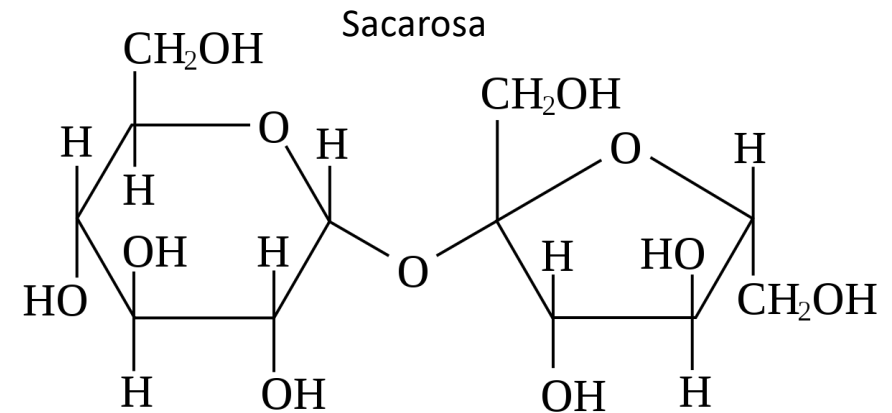
# Aplicaciones: estereoisómeros ópticos

- El grado de rotación de la dirección de polarización depende de la concentración de un estereoisómero respecto al otro.



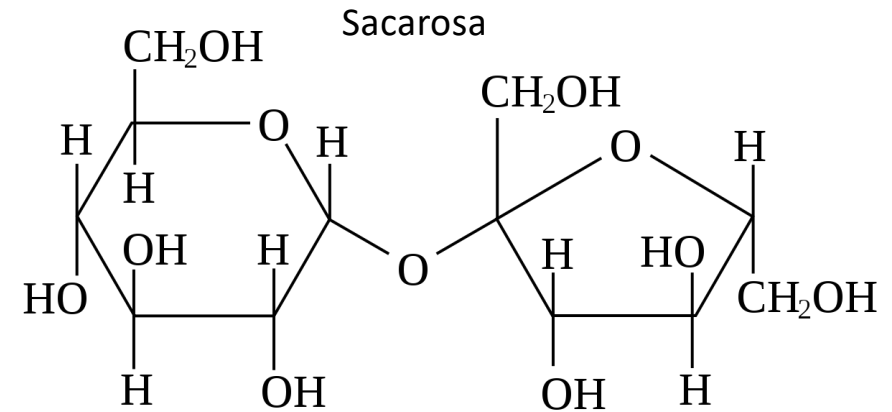
# Sustancias biológicas ópticamente activas

- Cuando se sintetizan moléculas orgánicas en laboratorios se genera igual cantidad de isómeros-L y D.
- Esto no ocurre en la naturaleza.
- Por ejemplo el azúcar o sacarosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) nunca aparece en forma L, siempre en forma D.
- Otro ejemplo es la D-Glucosa

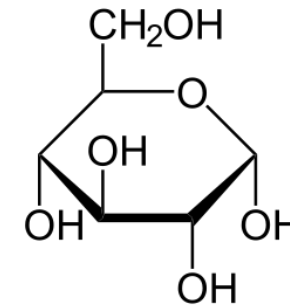


# Sustancias biológicas ópticamente activas

- La mayoría de los aminoácidos son L-isómeros.
- Entre las excepciones importantes están los antibióticos.
- La Penicilina posee D-aminoácidos.



D-Glucosa



*Review Article*

# Chemical Mechanisms of Prebiotic Chirality Amplification

**Konstantin P. Bryliakov** <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Novosibirsk State University, Pirogova 1, Novosibirsk 630090, Russia*

<sup>2</sup>*Boreskov Institute of Catalysis, Pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk 630090, Russia*

Correspondence should be addressed to Konstantin P. Bryliakov; [bryliako@catalysis.ru](mailto:bryliako@catalysis.ru)

Copyright © 2020 Konstantin P. Bryliakov. Exclusive Licensee Science and Technology Review Publishing House. Distributed under a Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

This *review article* surveys the recent experimental findings that suggest alternative chemical models of directed chirality amplification at the early, prebiotic Earth. It is believed that the chirality amplification step followed the initial emergence of small enantiomeric imbalance and preceded (as a necessary condition) the occurrence of homochiral biopolymers, assembled from enantiomerically pure building blocks. This work focuses on the chemical nature of possible mechanisms of primordial chirality enhancement, without going into detail of the preceding and subsequent phases of origination of biological homochirality and life on Earth. These mechanisms are discussed through the prism of integrity of biological natural selection and chemical kinetic selection.