

Madrid, 7 de octubre de 2022



FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICAS

# Jornadas divulgativas del vidrio

## Historia del VIDRIO en la CIENCIA

M<sup>a</sup> Ángeles Villegas  
Instituto de Historia, CSIC



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



CERVITRUM  
*by m*



INSTITUTO DE HISTORIA  
CCHS-CSIC

# AGRADECIMIENTOS

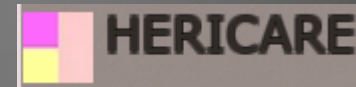
A Emilio Elvira y los organizadores de este evento por su amable invitación

A José M<sup>a</sup> Fernández Navarro, de cuya sabiduría del vidrio está hecha esta presentación

Programa TOP Heritage  
(Comunidad de Madrid, P2018/NMT-4372)



Proyecto HERICARE  
(Min. Ciencia e Innovación, PID2019-104220RB-I00)



Plataforma Temática Interdisciplinar del CSIC  
*Patrimonio Abierto: Investigación y Sociedad* (PTI-PAIS)



Al Dr. JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ NAVARRO  
Profesor de Investigación Emérito del CSIC



Es un material rígido no cristalino que se comporta como si fuera un sólido.

Es un líquido subenfriado obtenido a partir de sus componentes calentados a alta temperatura.

## ¿QUÉ ES EL VIDRIO? CONCEPTOS GENERALES

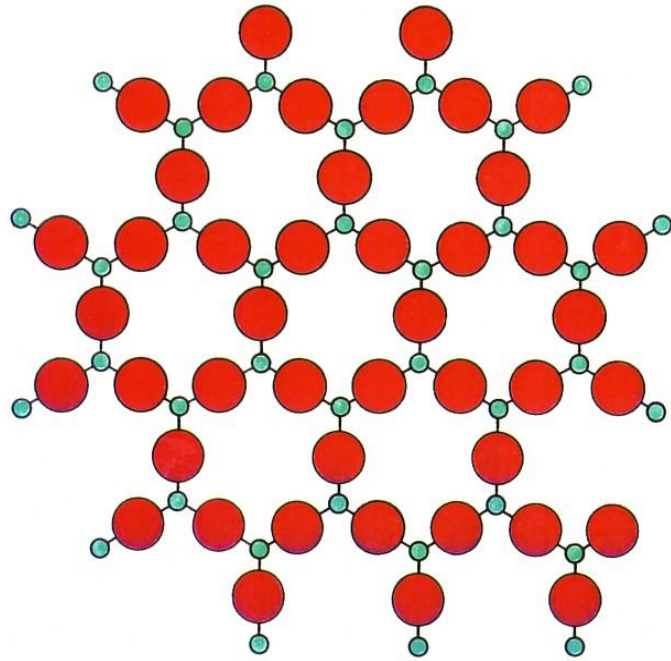
### Obtención

Mediante fusión de sus componentes a alta temperatura (tradicional, convencional).

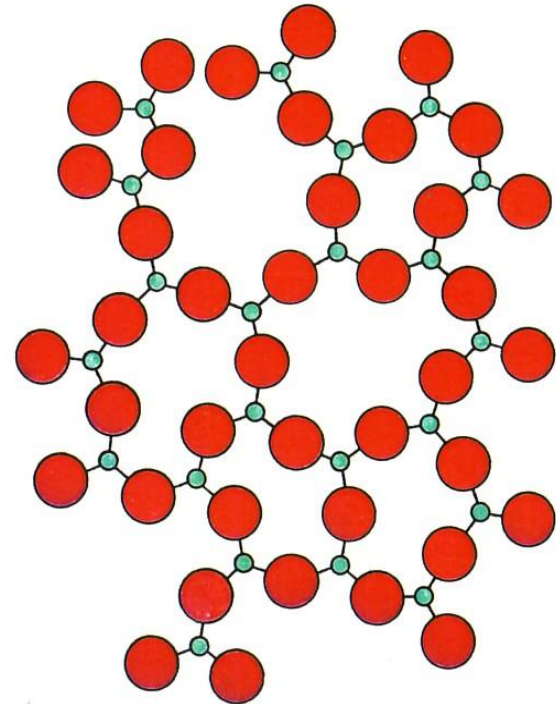
Mediante hidrólisis/policondensación a temperatura ambiente o baja temperatura (Sol-gel).

Otros procedimientos sofisticados para aplicaciones especiales.

# ESTRUCTURA



SiO<sub>2</sub> cristalino (cuarzo)



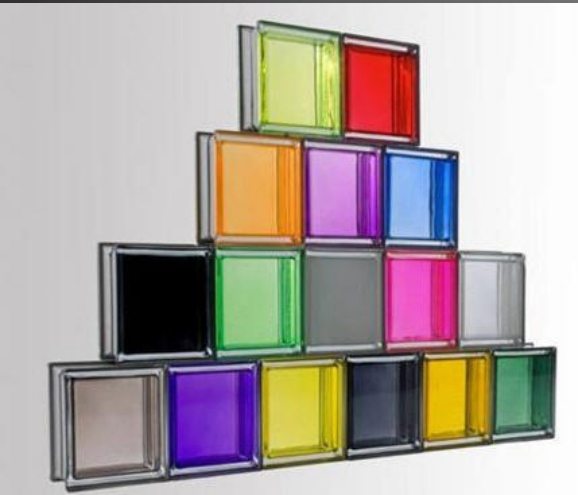
SiO<sub>2</sub> vítreo (vidrio de sílice pura)



# CARACTERÍSTICAS

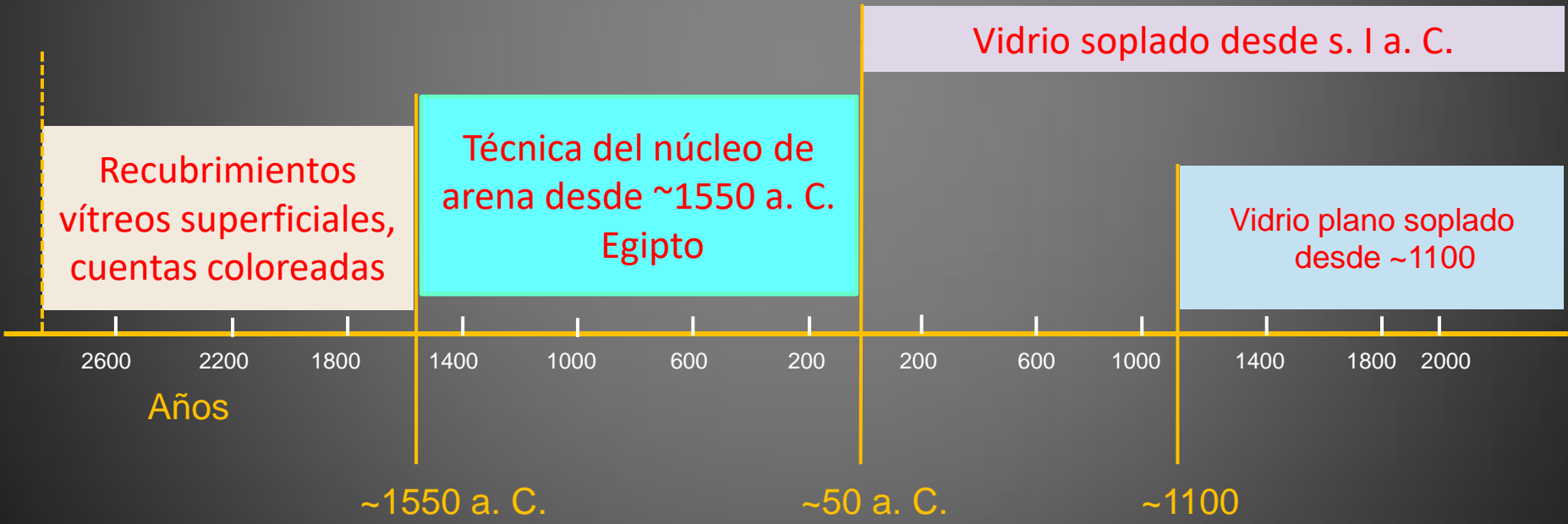


- brillo vítreo
- transparencia
- variedad de colores
- variedad de composiciones
- dieléctrico
- resistencia térmica
- resistencia química
- dureza
- fragilidad





# CRONOLOGÍA DE TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE VIDRIO



# El vidrio y la FÍSICA



## LUPAS

Piedra de lectura  
(*lapides ad legendum*) s. XI



Telescopios con lentes de vidrio común:

H. Lippershey, 1608

G. Galilei, 1609

J. Kepler, 1610

C. Huygens, 1655

J. Havelius, 1642-47



Descubrimiento de satélites  
Superficie lunar  
Manchas solares

## Telescopios reflectores (espejos de Cu-Sn)

I. Newton, 1672

L. Cassegrain, 1672

W. Herschel, 1789



Telescopio Herschel  
Real Observatorio de Madrid



Gran telescopio refractor Dorpat

## Telescopios refractores

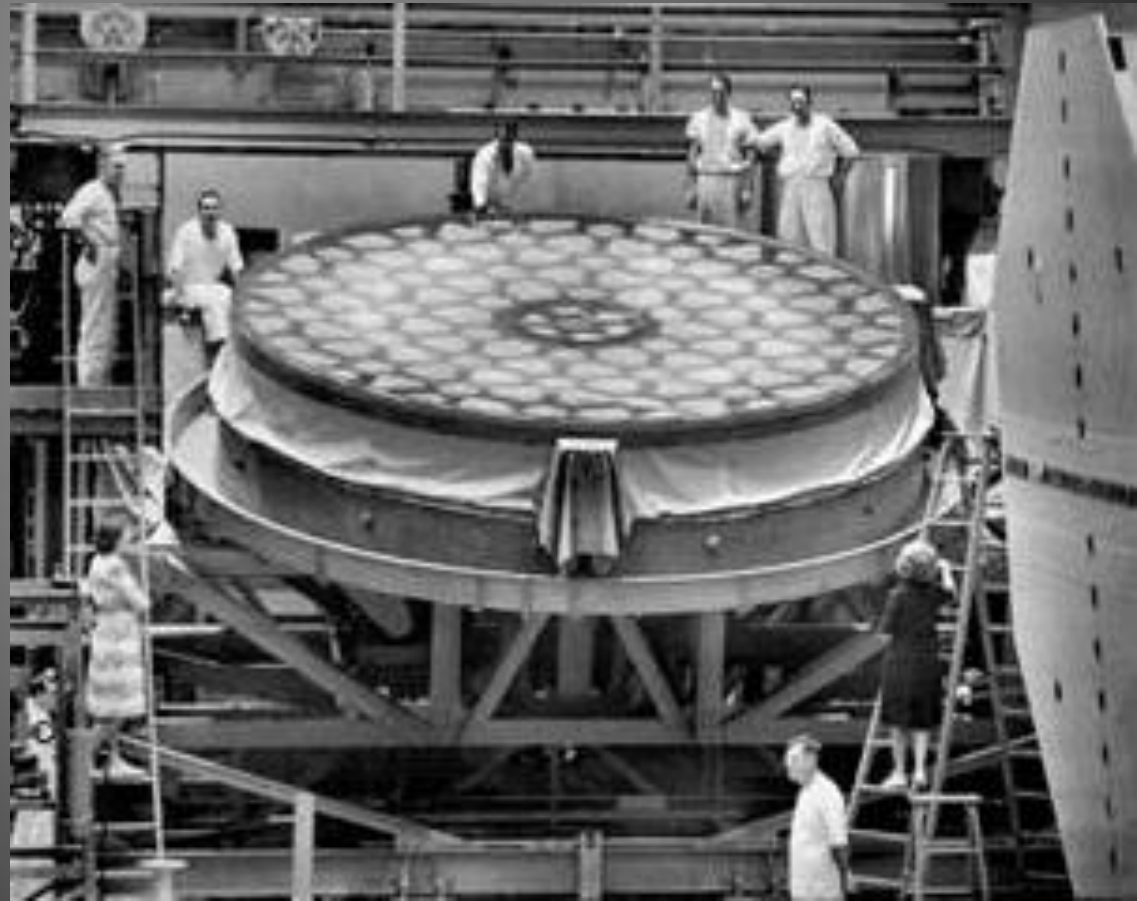
J.v. Fraunhofer,  $\approx$ 1820

Gran Exposición Universal, 1900

## Telescopios reflectores con espejos de vidrio recubierto de:

- Plata ( $\approx 1850$ ): Crossley, California (1895); Monte Wilson (1908 y 1917)
- Aluminio (1932): Hale, Monte Palomar (1948 )(vidrio borosilicato)
- Zerodur™ ( $\approx 1960$ ): Mauna Kea, Hawaii (30 m, 492 espejos); La Palma, Canarias (10,4 m, 36 espejos)

Pulido del espejo de Hale,  
diámetro 5m, 1945







Espejo de *Zerodur*<sup>®</sup> de varios metros de diámetro

Telescopio TMT de Hawaii



## Microscopio de Galileo



Z. Janssen, 1590-95, 3 lentes, x9

G. Galilei, 1609, 2 lentes

R. Hooke, 1655, 3 lentes, x40

A.v. Leeuwenhoek, ≈1668, x200

**Patente vidrio cristal al plomo (Ravenscroft, 1674)**

J.v. Fraunhofer, 1820, no aberración cromática 1ª

C. Chevalier, 1840

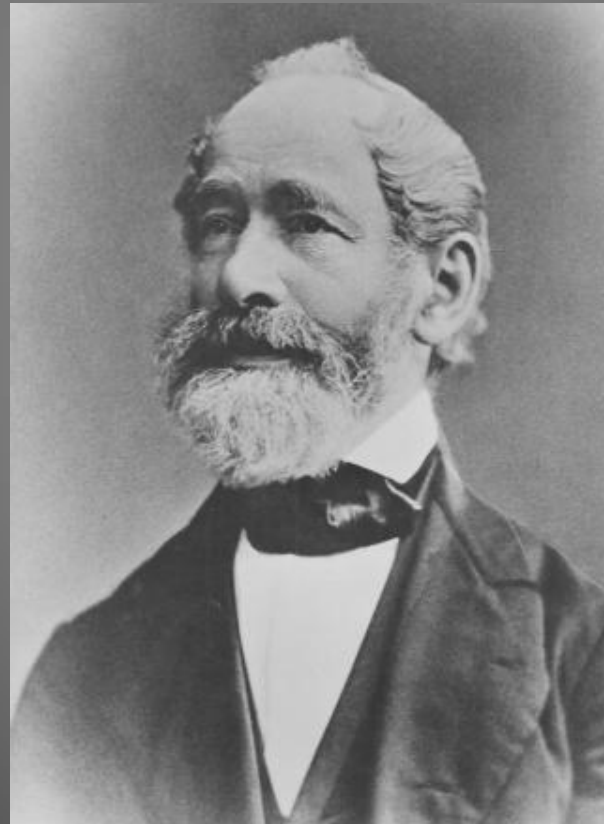
N. Lerebours, 1850

C. Zeiss, 1879, no aberración cromática 2ª

Otros microscopios, hasta 1930 , x1000:

- con lentes de vidrio de sílice pura (luz UV)
- de fluorescencia
- de contraste de fases ( $\neq$  índices de refracción)
- de interferencia

Microscopio de Zeiss



Carl Zeiss (1816-1888)

Microscopio de Lerebours





# FOTOGRAFÍA

Estereoscopio, 1838  
Cámaras estereoscópicas, 1849  
Cámaras fotográficas de estudio, 1850  
Placas fotográficas de vidrio, ≈1860  
Lentes y objetivos anastigmáticos Zeiss, 1890  
Patente objetivos zum, 1902  
Cámaras fotográficas de mano, ≈1930  
Cámaras cinematográficas, 1932



Estereoscopio Gaumont, c. 1910

Cámara fotográfica estereoscópica

Cámara fotográfica primitiva





# BARÓMETROS

Barómetros:

E. Torricelli, 1643

J.W. Goethe, ≈1822



Barómetro de Goethe

Termómetros:

G. Galilei, 1592

G. Fahrenheit, 1714

Termómetro de Galileo

# TERMÓMETROS



# TUBOS Y VÁLVULAS TERMOIÓNICAS

Geissler, H. Geissler, 1855

Rayos catódicos o electrones, W. Crookes, 1895

Rayos X, W.C. Röntgen, 1895

Diodos, J.A. Fleming, 1904

Tríodos, R.v. Lieben, 1906

Neón, 1910

Televisión, rayos catódicos, 1940

## TUBOS GEISLER

Heinrich Geissler (1814 -1879)  
Soplador de vidrio e inventor de los  
tubos de vacío que llevan su nombre



Tubos Geissler originales





TUBOS DE NEÓN



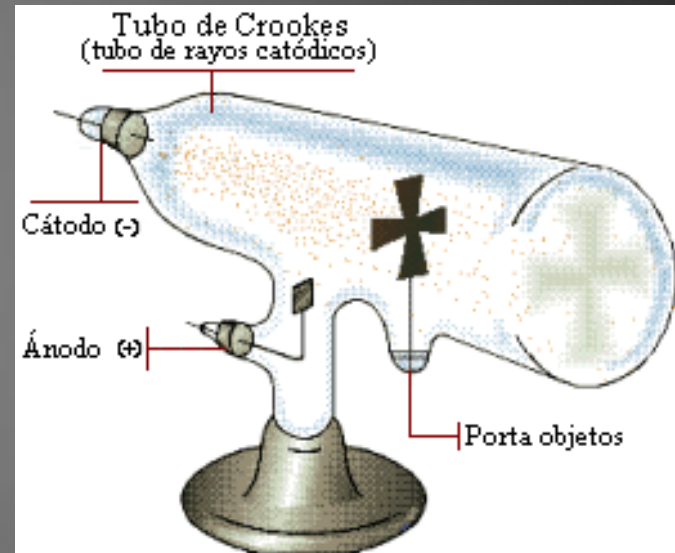
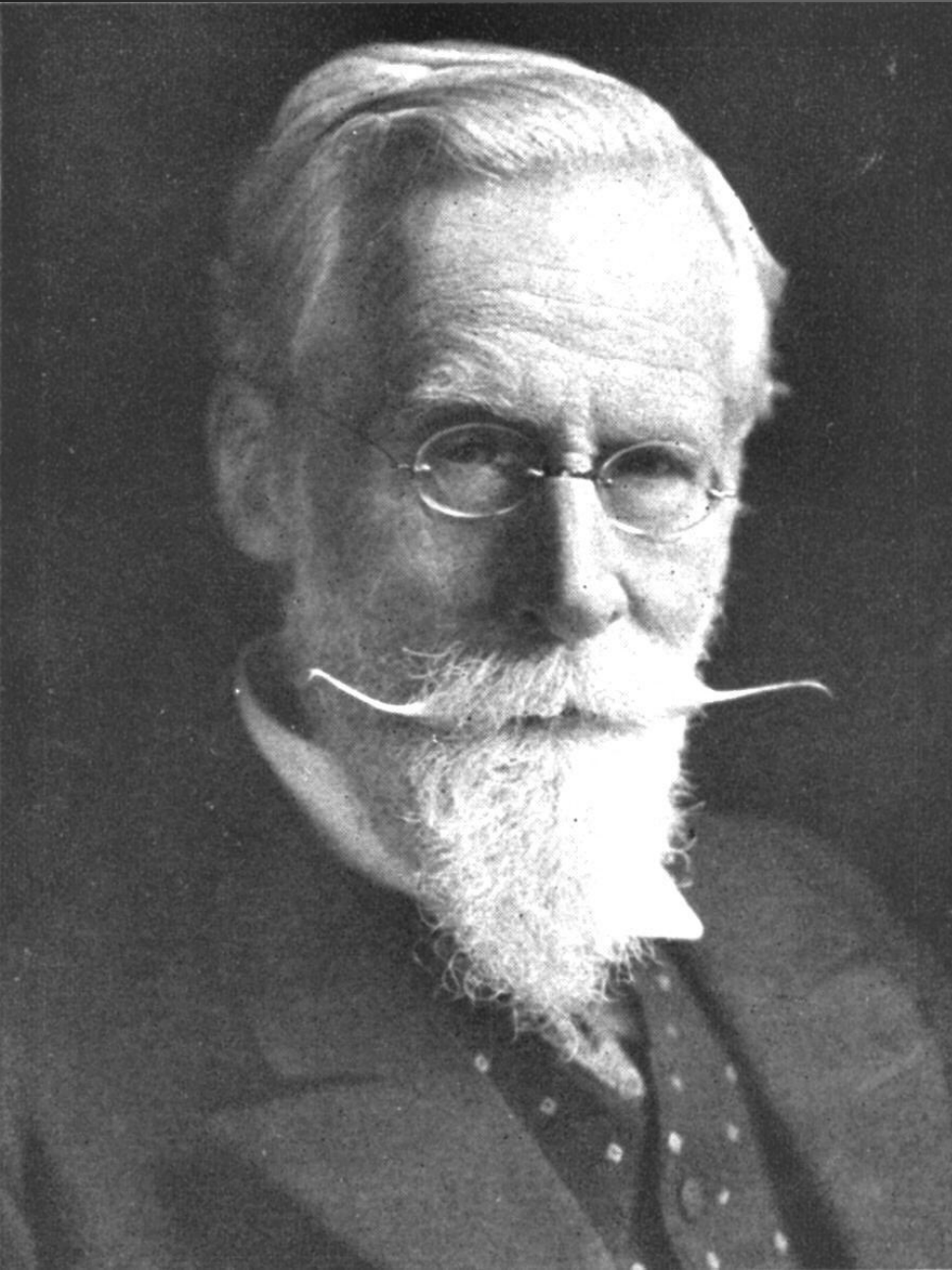


TIO PEPE

SOL DE ANDALUCIA EMBOTELLADO

GONZALEZ BYASS

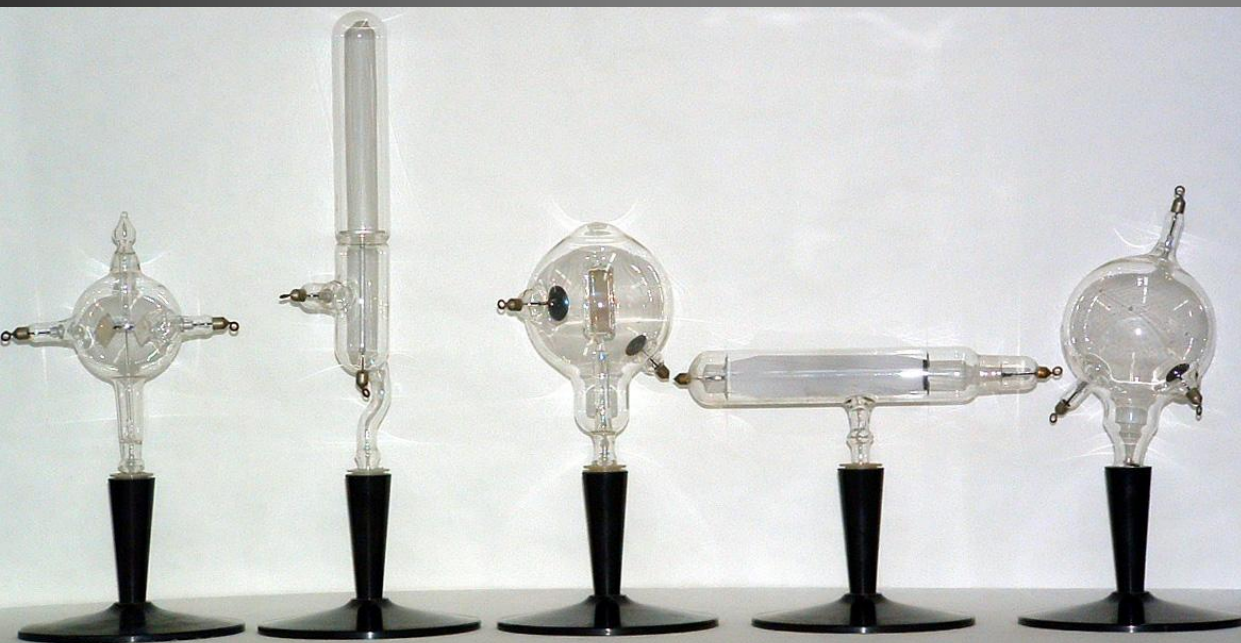
## TUBOS DE RAYOS CATÓDICOS



Sir William Crookes (1832-1919)

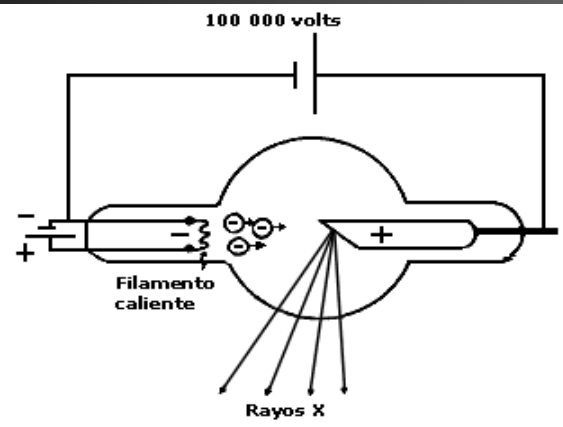


Tubos de rayos catódicos  
de diversas formas y tamaños





# TUBOS DE RAYOS X



Wilhelm Conrad Röntgen  
(1845-1923)

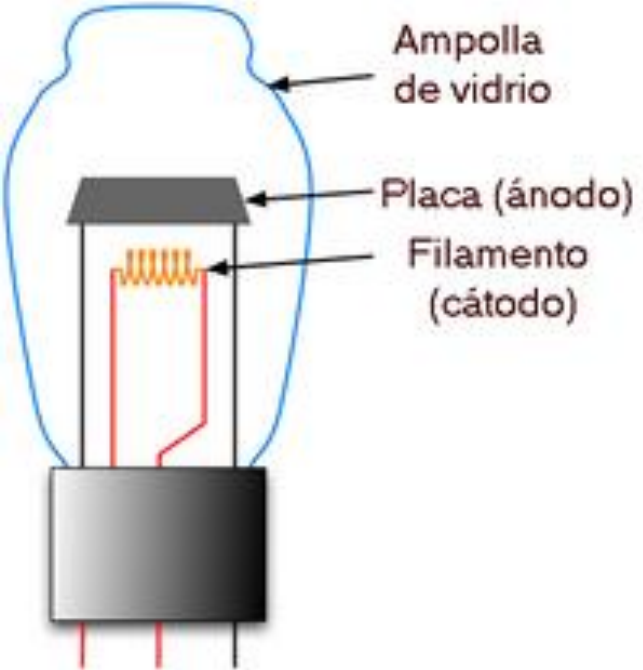


# LOS TUBOS DE RAYOS X ESPAÑOLES

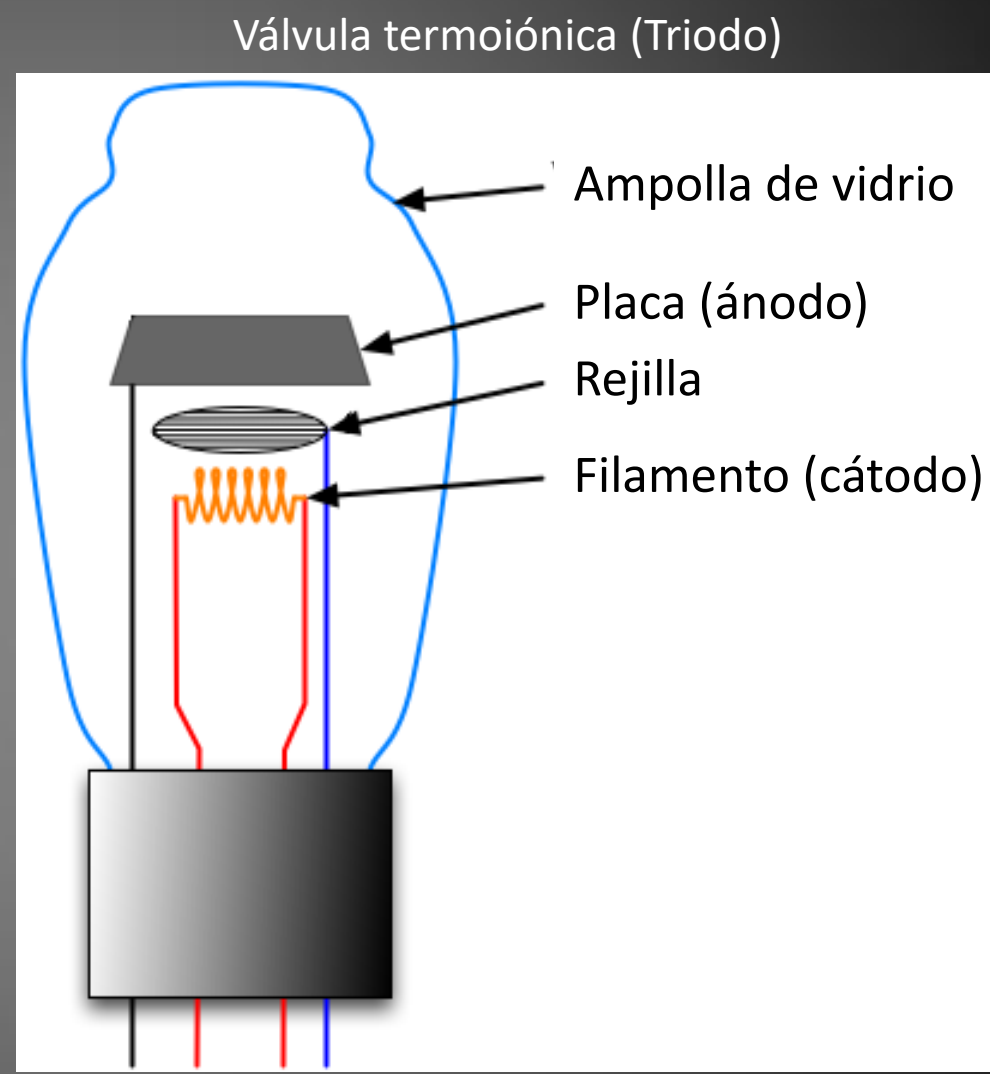


Mónico Sánchez Moreno  
(Piedrabuena, Ciudad Real, 1880-1961)

# VÁLVULAS TERMOIÓNICAS



Válvula termoiónica (Diodo)



Válvulas termoiónicas para receptores de radio

## OTROS INSTRUMENTOS Y OBJETOS

Bomba neumática de Boyle, 1659  
Gemelos, desde s. XVIII, x3  
Generador eléctrico, F. Hausksbee, 1706  
Botella de Leyden (condensador), P.v. Musschenbroek, 1746  
Aparato de Gay-Lussac, 1802  
Espectroscopio, J.v. Fraunhofer (1814)  
Periscopios, S. Mather, ≈1845 y 1864  
Espectroscopio, RR. Bunsen y G. Kirchoff (≈1860)  
Refractómetros (i.r.), C. Pulfrich, 1888  
Prismáticos, desde s. XX, x16  
Polariscopios (visualización de tensiones en vidrios)  
Telémetros (distancia)  
Interferómetros (espesor)  
Densímetros o aerómetros (densidad)



Botella de Leyden



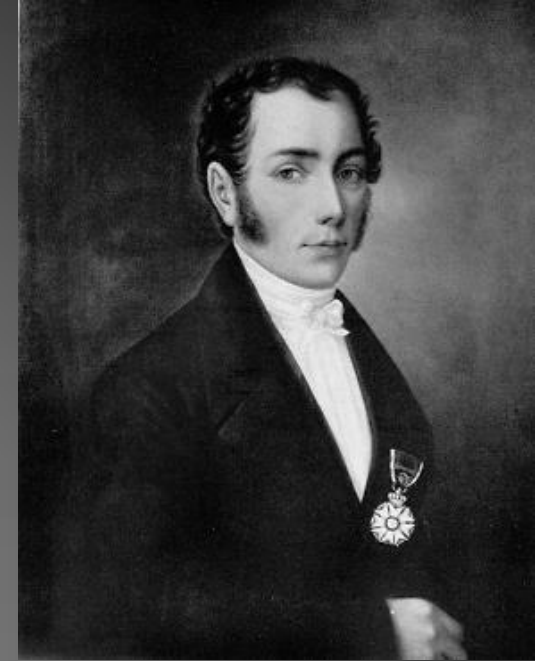
Refractómetro de Pulfrich

# ESPECTROSCOPIO

Inventos de J. v. Fraunhofer:

- En 1814 el primer espectroscopio
- Redes de difracción

Representación de Fraunhofer realizando una observación con su espectroscopio



Joseph von Fraunhofer  
(1787-1826)



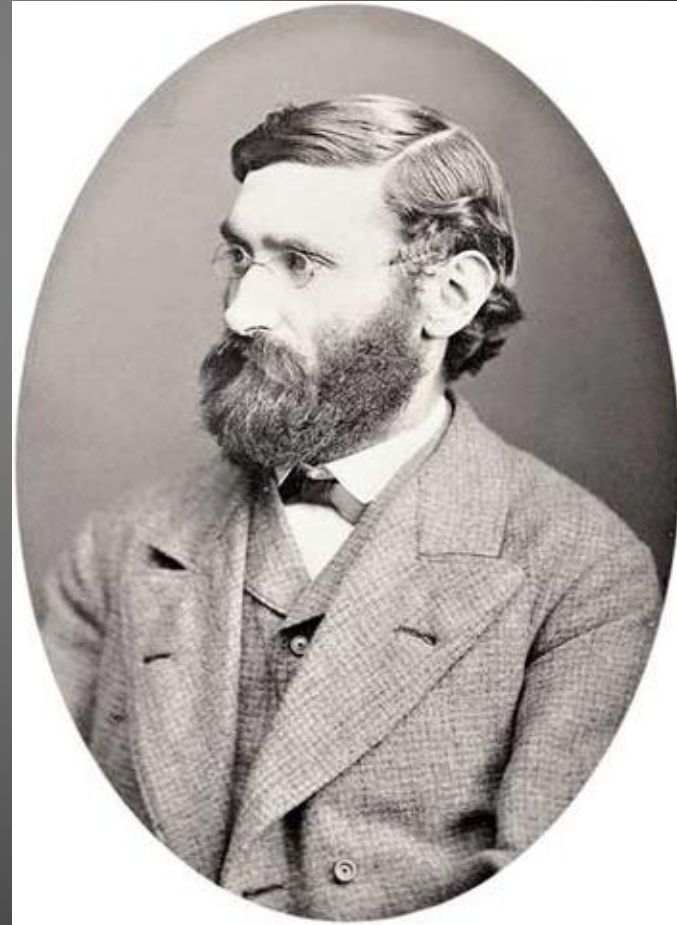
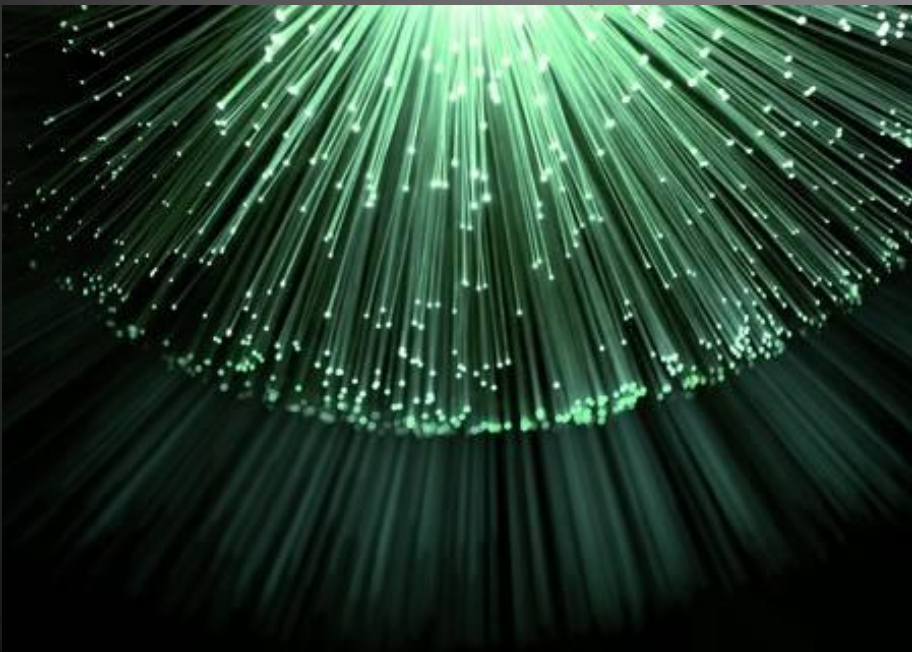


# OTROS DESARROLLOS DEL VIDRIO EN LA FÍSICA

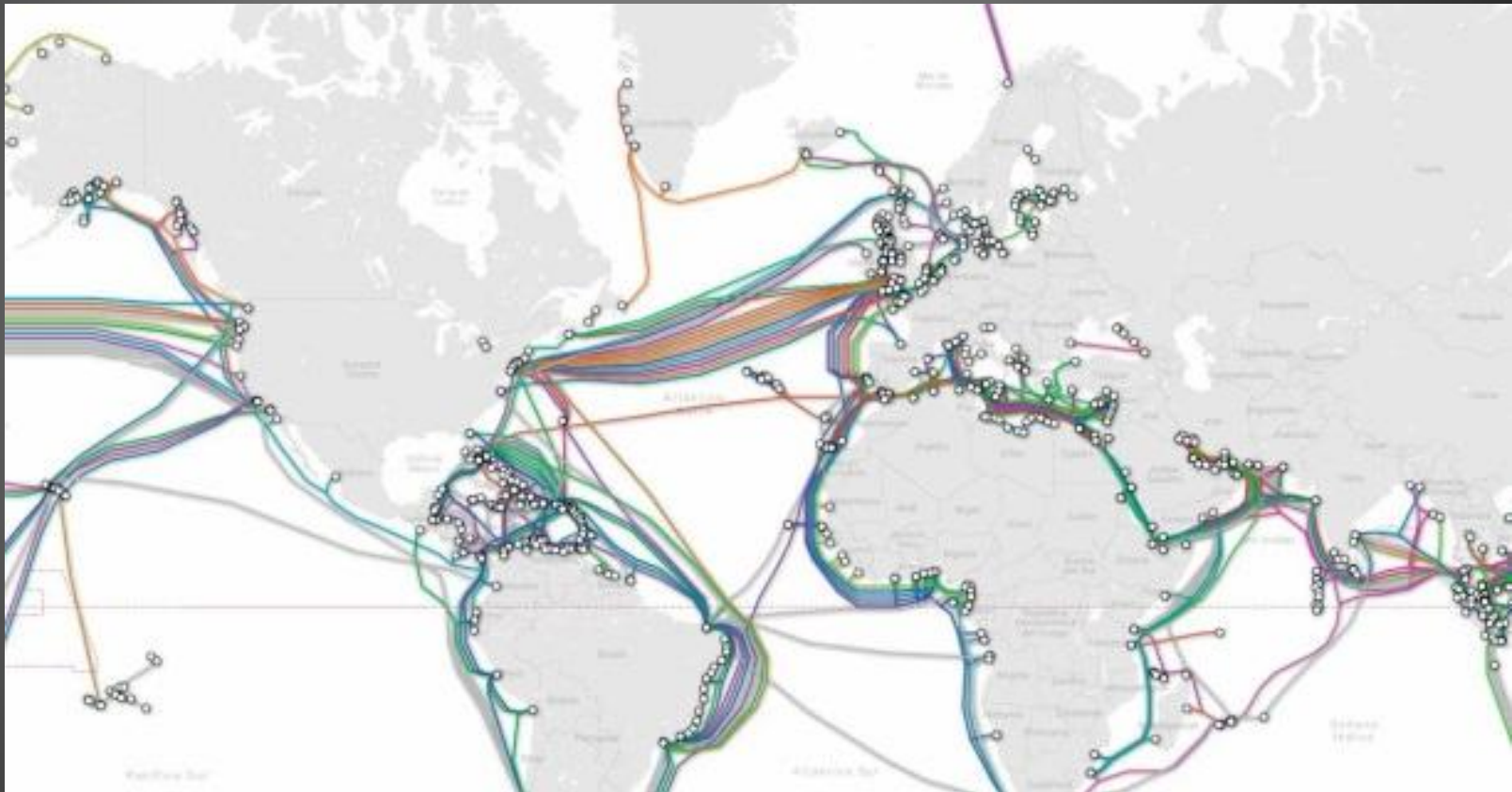
Guías de luz y fibras ópticas, desde 1840, Colladon y Babinet  
Lentes y objetivos, desde 1804, en 1873 Abbe  
Vidrios para contadores Cerenkov, Nobel en 1958  
Vidrios fotocromáticos, desde 1960, Armistead y Stookey  
Vidrios para láseres, desde 1961, Snitzer  
Vidrios fotónicos, vidrios ópticos no lineales

Desarrollo de microscopios y lentes ópticas.  
Ernst Abbe (1840-1905)

Conjunto de fibras ópticas portadoras de luz



## Mapa mundial de cables submarinos en 2018





# El vidrio y la ELECTROTECNIA

# LÁMPARAS INCANDESCENTES



Vidrio imprescindible para resistir el vacío y evitar la combustión del filamento de Os y W a  $\approx 3800^{\circ}\text{C}$

Primeras lámparas incandescentes de Edison y Swan

Lente de Fresnel, s. XIX



Gran potencia y alcance  
Uso en faros marítimos y de coches  
Uso en focos para grandes espacios  
Lente de vidrio de gran apertura y corta distancia focal  
Peso ligero por recortes de anillos concéntricos escalonados

## LÁMPARAS HALÓGENAS



Lámparas halógenas



Son incandescentes evolucionadas  
Filamento de W en un bulbo de vidrio  
Relleno de un gas inerte y bromo o yodo  
Vida útil más larga y mayor eficacia luminosa

## LÁMPARAS DE LUZ UV



Lámpara ultravioleta

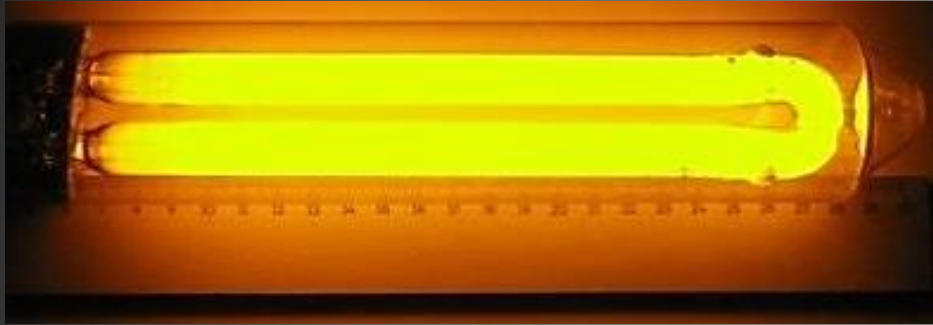


Son tubos fluorescentes de Hg, internamente  
recubiertos por absorbentes selectivos  
Tienen vidrios oscuros con óxidos absorbentes  
Ej. vidrio de silicato con óxidos de Ni y Co

# LÁMPARAS DE DESCARGA

## Variedades

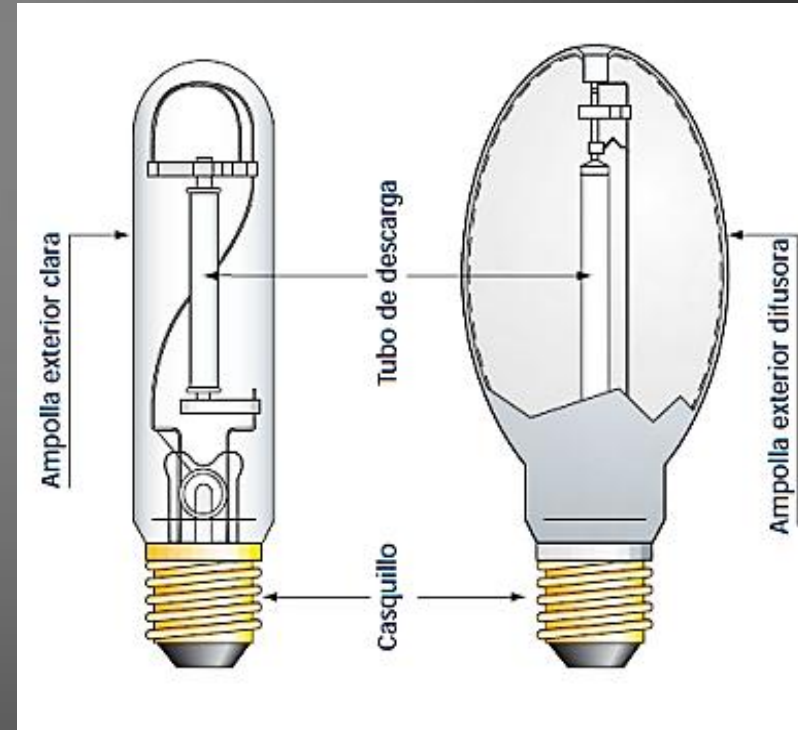
- De Hg de baja y alta presión y halogenadas
- De Na de baja y alta presión
- Con ampolla exterior clara o difusora



Lámpara de vapor de sodio de baja presión



- La luz se produce por electroluminiscencia
- Se suman emisiones de distinta longitud de onda
- Se altera el color de los objetos observados
- No genera calor
- Mayor vida útil y rendimiento lumínico



Lámpara de sodio de alta presión

## LÁMPARAS DE DEUTERIO

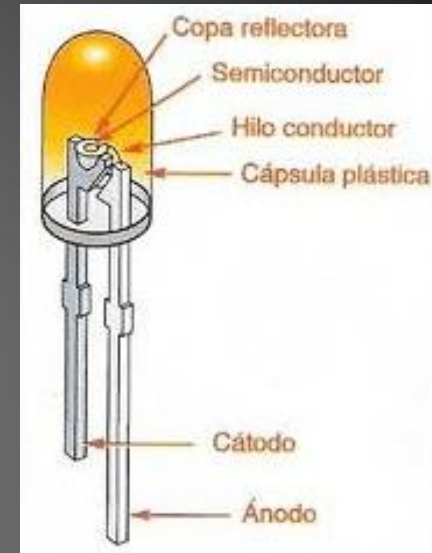
Son de descarga de deuterio gas a baja presión  
Se produce un arco eléctrico generado por un filamento de W y un ánodo de Ni  
Se usan en instrumentos de análisis  
El vidrio de la ampolla es de sílice pura



Lámpara de deuterio

## LÁMPARAS DE LEDES

Esquema de un led



Son diodos de emisión de luz que no generan calor  
La cubierta puede ser de vidrio o plástico  
Se usa vidrio ultradelgado en el que se imprimen los ledes  
Tienen gran eficiencia y larga vida de uso  
Consumo muy bajo

# El vidrio y la QUÍMICA



# ANTECEDENTES DE LA PRESENCIA DEL VIDRIO EN LA QUÍMICA



*El alquimista. D. Teniers el Joven (1610-1690)*



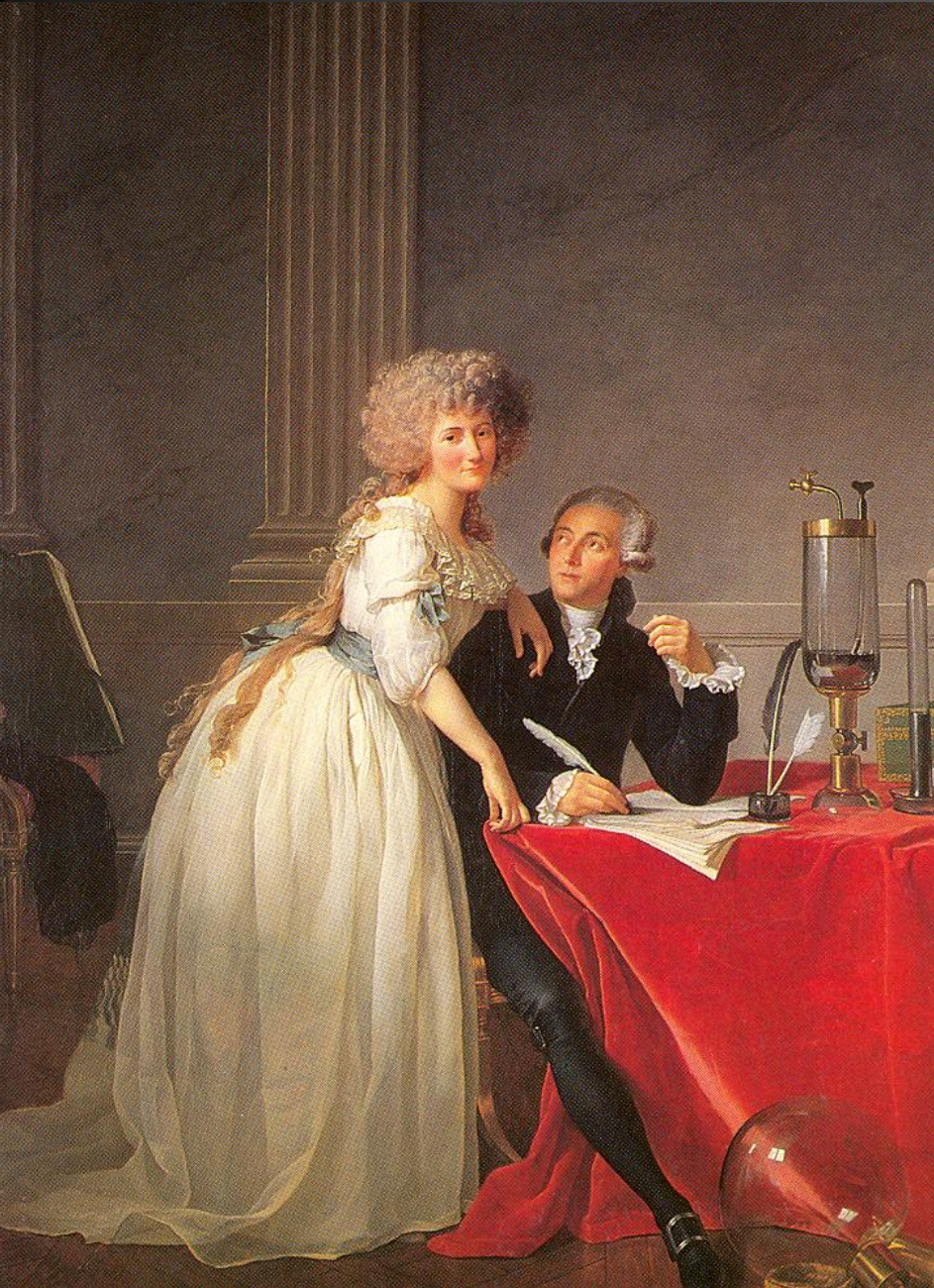
Estabilidad de forma. Resistencia térmica. Resistencia química. Transparencia



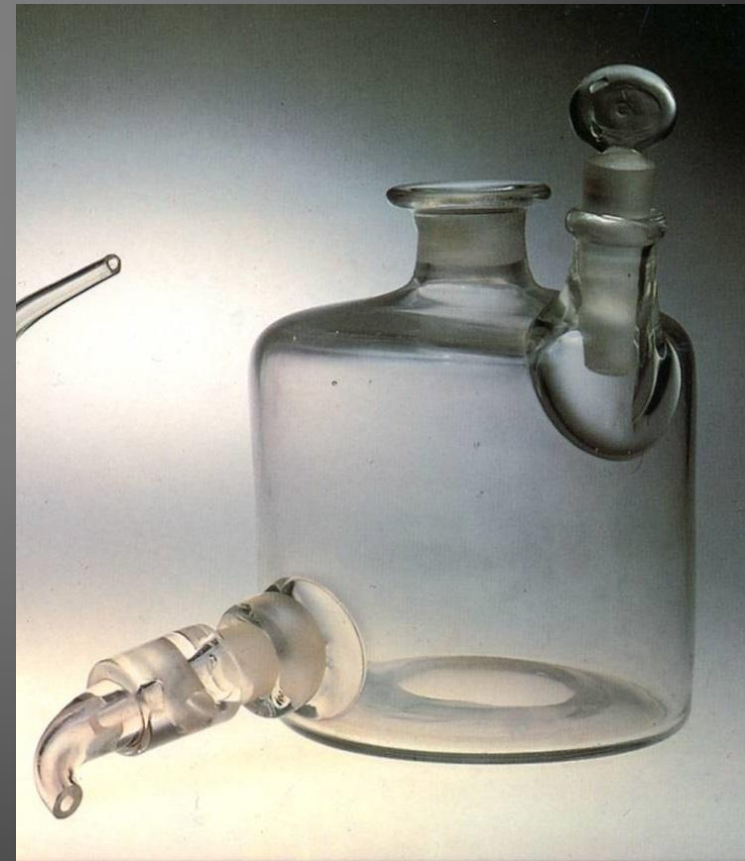
A partir del s. XVIII  
Envases graduados y aforados



Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso.  
Siglo XVIII.



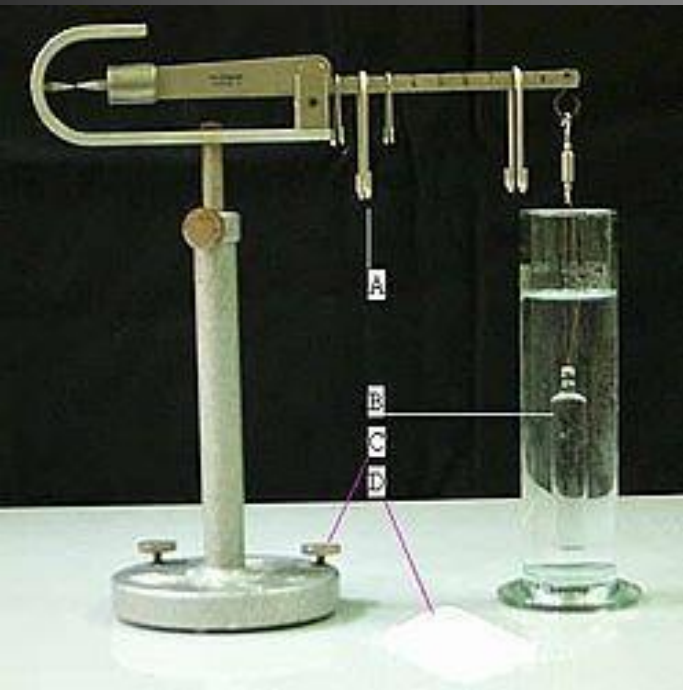
*Lavoisier y su esposa.* J.L. David (1748-1825)





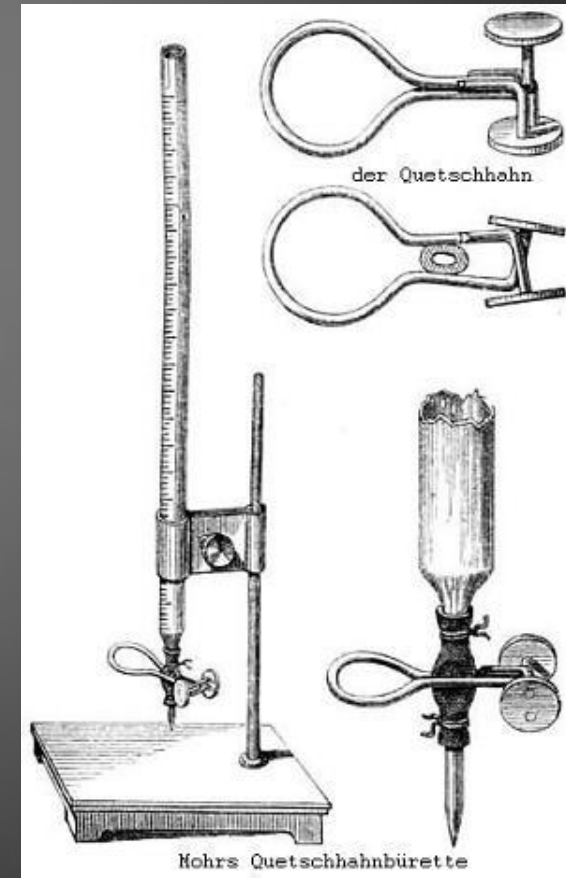
# INSTRUMENTOS GRADUADOS Y AFORADOS

Tubos de ensayo  
Matraces  
Erlenmeyers  
Kitasatos  
Pipetas  
Buretas  
Refrigerantes  
Embudos decantación  
Destiladores  
Reactores  
Frascos lavadores de gases  
Etc.



Balanza de Mohr-Westphal , s. XIX,  
para determinar la densidad de líquidos

Bureta de Mohr, s. XIX



Otto Schott (1851-1935), pionero de la investigación científica en vidrio.

Borosilicato sódico ( $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ )



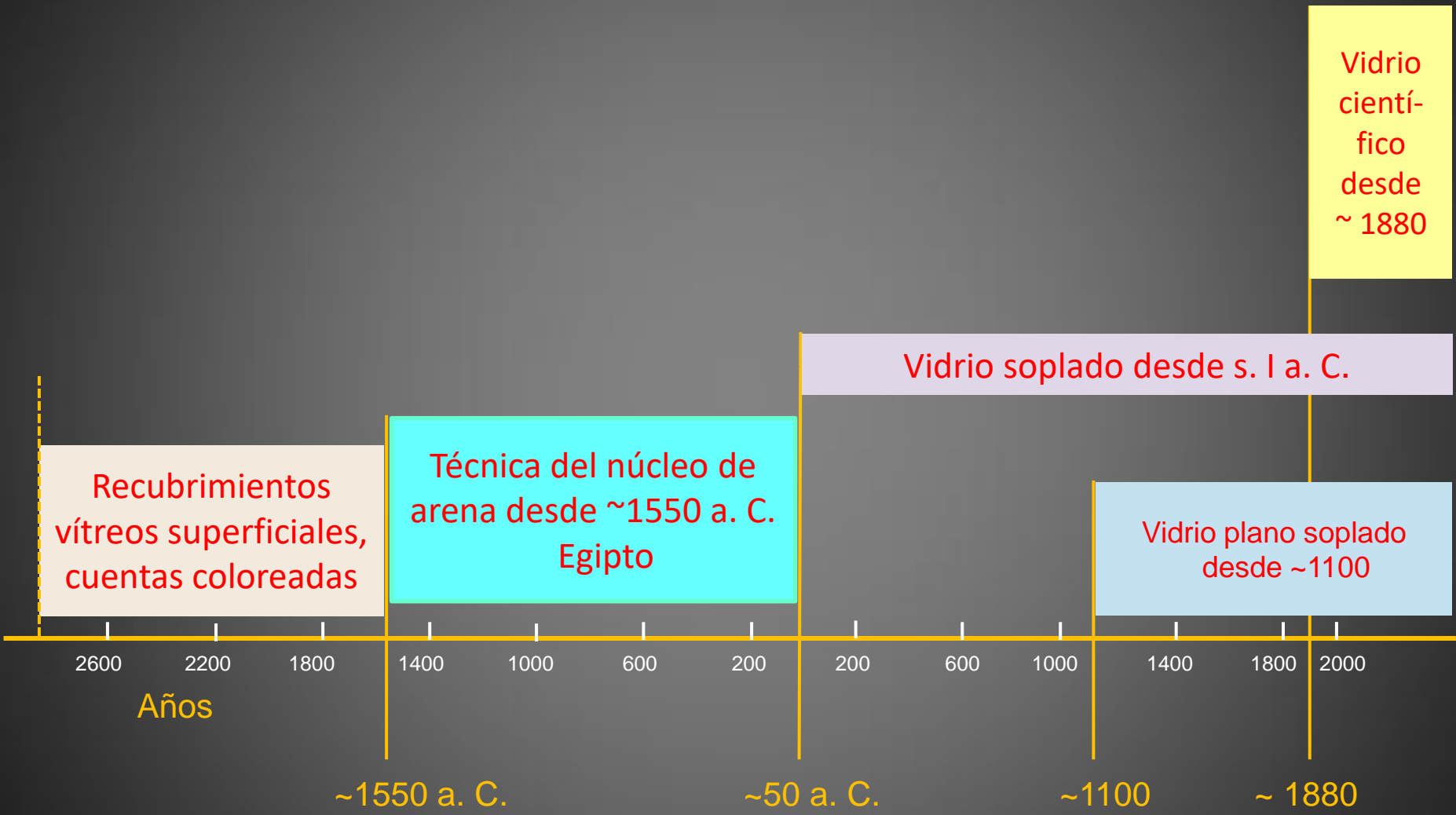
Desarrollado por Otto Schott en 1887

Patentado en 1938 como Duran™

Otras marcas: Pyrex™, Simax™, Fiolax™



# CRONOLOGÍA DE TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE VIDRIO



Recubrimientos vítreos superficiales, cuentas coloreadas

Técnica del núcleo de arena desde ~1550 a. C. Egipto

Vidrio soplado desde s. I a. C.

Vidrio plano soplado desde ~1100

Vidrio científico desde ~1880

2600 2200 1800 1400 1000 600 200 200 600 1000 1400 1800 2000

Años

~1550 a. C.

~50 a. C.

~1100

~1880



# EL VIDRIO DE BOROSILICATO



Propiedades



Índice de refracción ↓

Coeficiente de dilatación ↓

Temperatura de reblandecimiento ↑

Resistencia mecánica ↑

Resistencia química ↑

Resistencia choque térmico ↑ ( $\approx 190^{\circ}\text{C}$ )

## VIDRIOS DE POROSIDAD CONTROLADA

Se obtienen por separación de fases y posterior lixiviación química de la fase más degradable

Aplicaciones



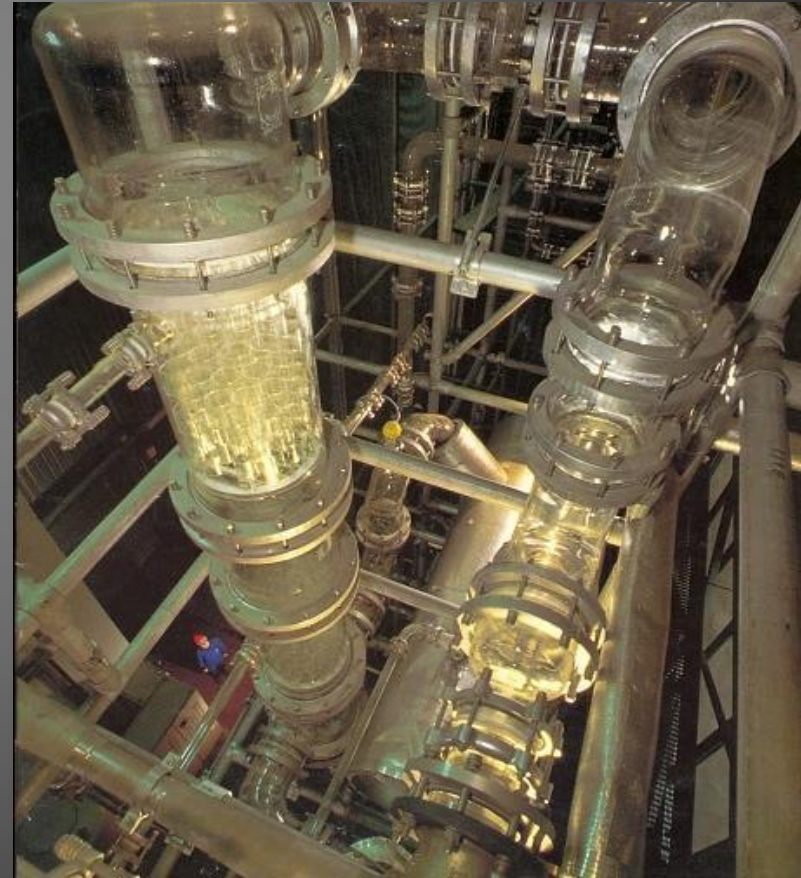
Filtración  
Separación  
Catalizadores  
Procesos bioquímicos  
Biotecnología

## GRANDES INSTALACIONES QUÍMICAS

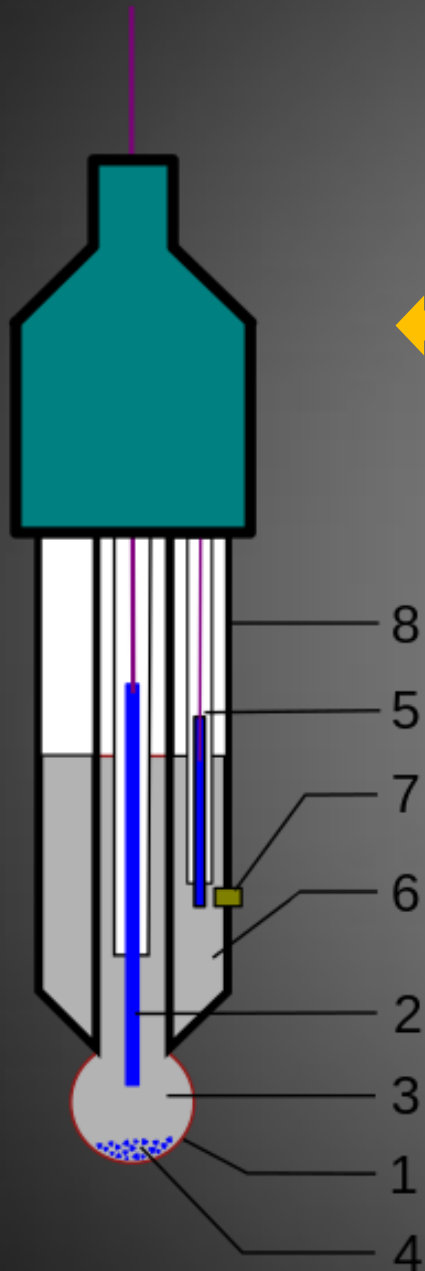
Tubos de hasta 1 m diámetro



Reactores industriales de vidrio de borosilicato

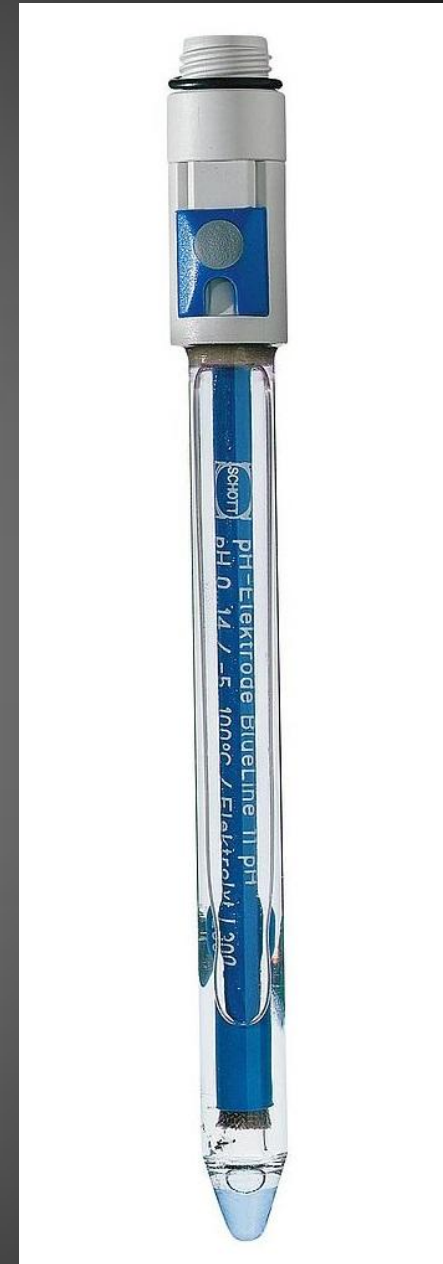


# ELECTRODOS DE VIDRIO



Electrodo de vidrio de pH

- 1: bulbo membrana de vidrio sensible
- 2: electrodo interno de medida
- 3: solución tamponada
- 4: cristales de cloruro de plata
- 5: electrodo de referencia
- 6: solución de referencia interna
- 7: diafragma
- 8: cuerpo externo del electrodo

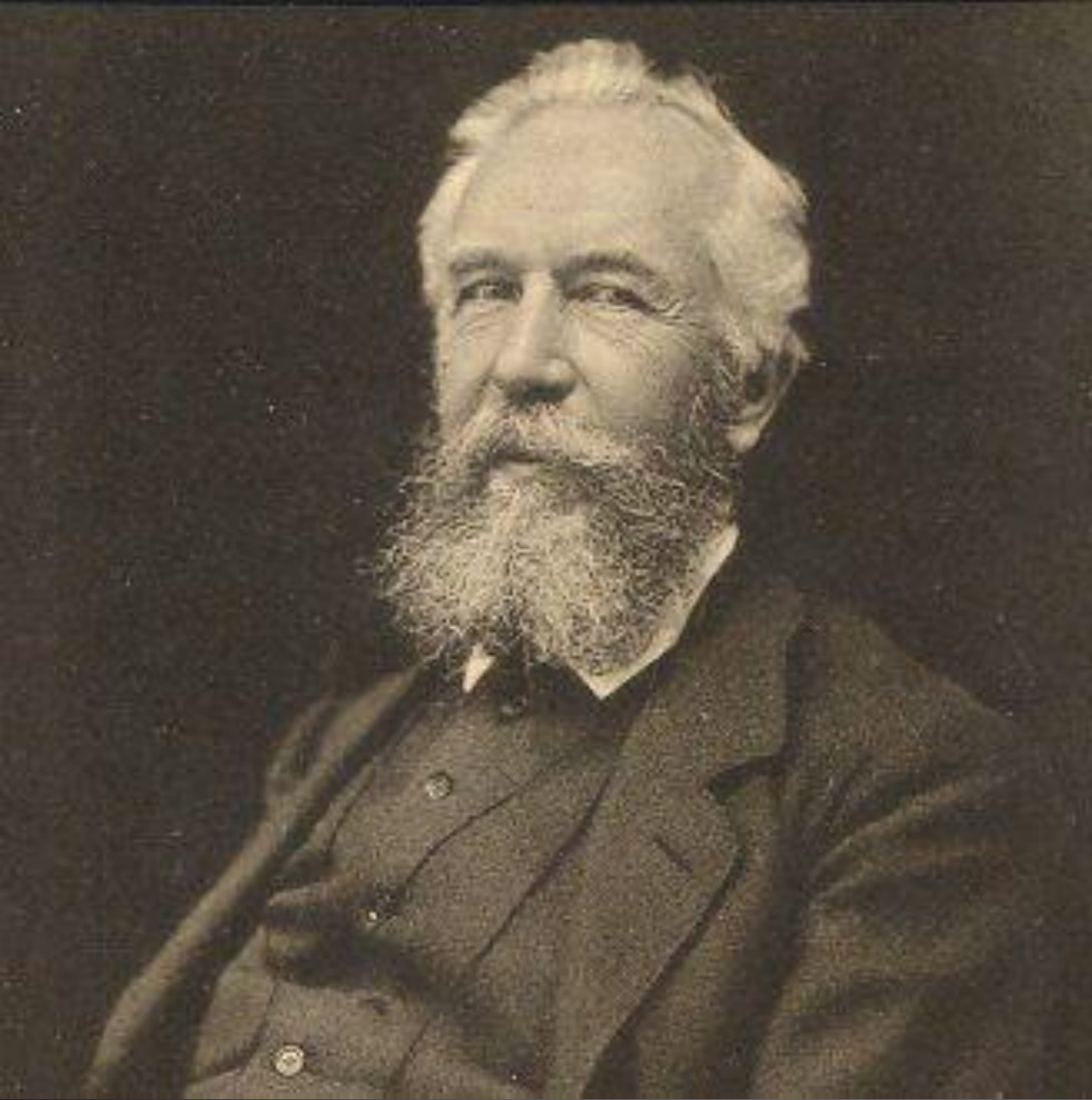


# El vidrio y la BIOLOGÍA



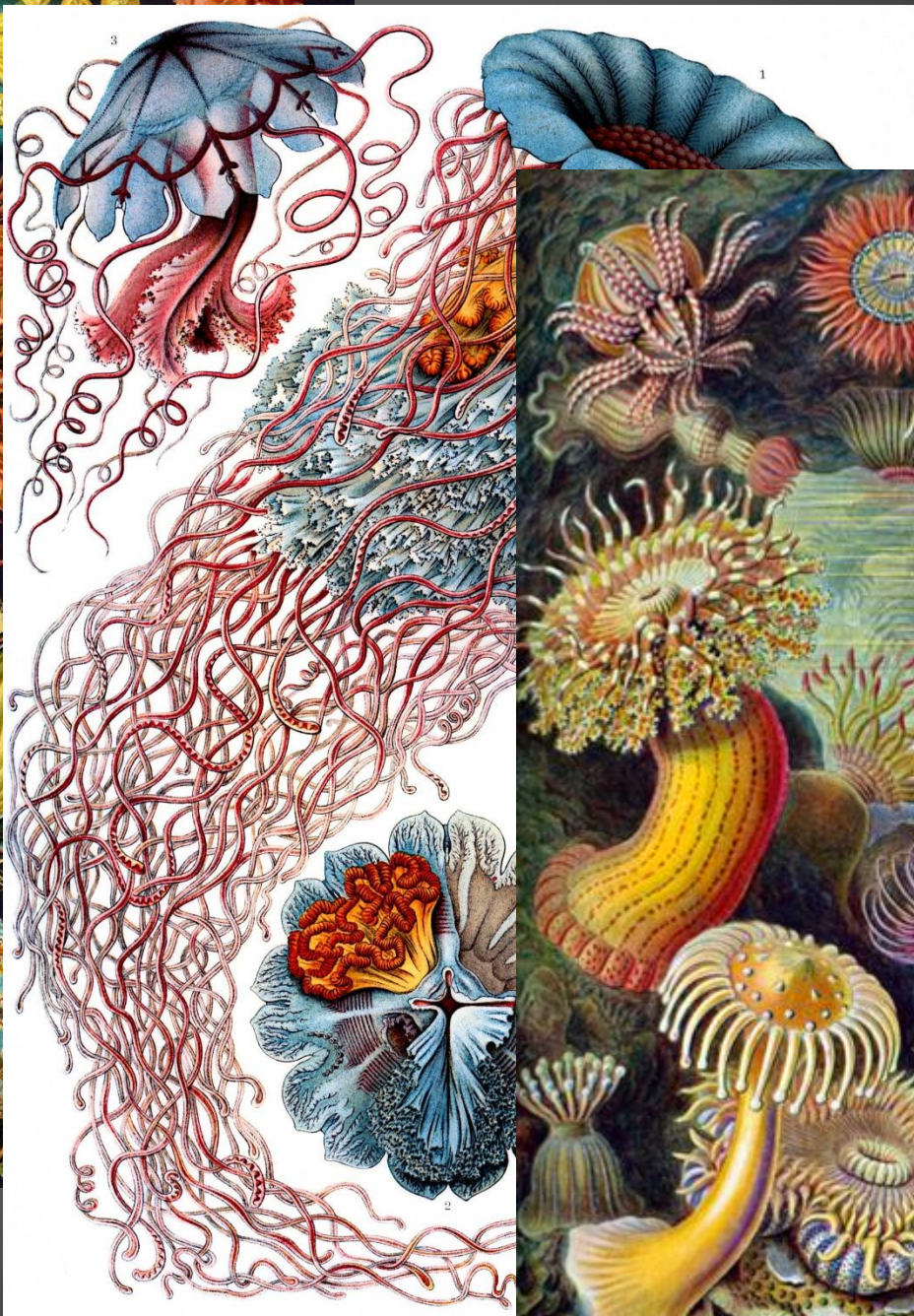
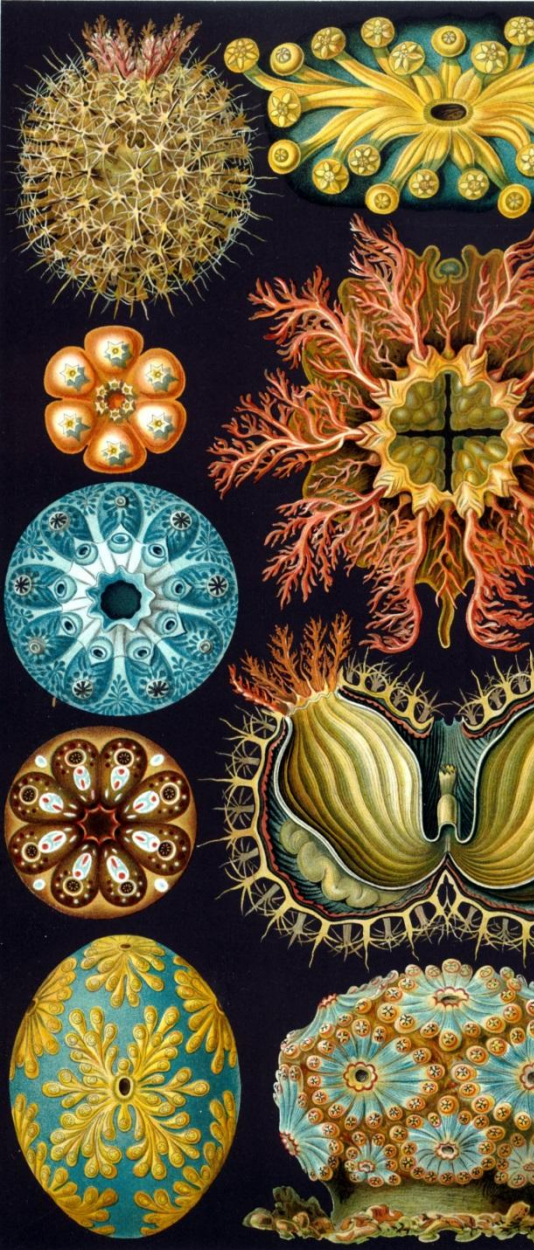


Leopold (1822-1895) y Rudolf (1857-1939) Blaschka.  
Imagen de Rakow Research Library of The Corning Museum of Glass



Ernst H.P.A. Haeckel (1834-1919)















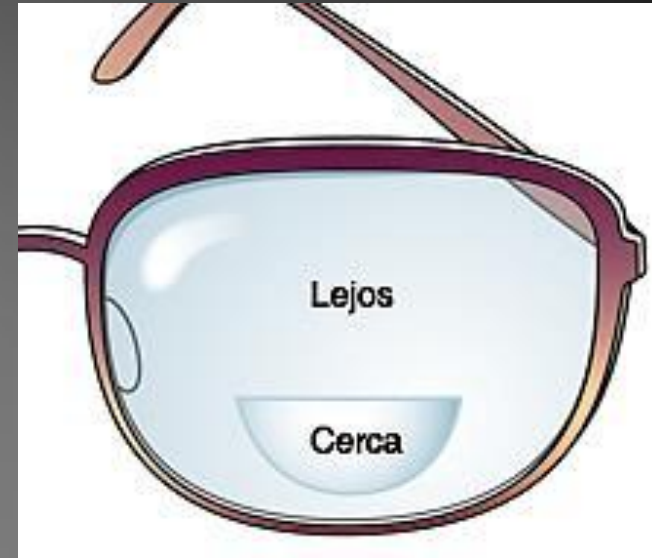


# El vidrio y la MEDICINA



# OBJETOS OPTICOS

## Primitivos anteojos articulados



Ejemplo de lente bifocal sencilla

Inicio, finales s. XIII

Lentes de vidrio sódico cálcico, Murano 1300

Uso extendido en Europa, s. XVI

Aligeramiento de los vidrios, óxidos de Pb, Ba, Ti, etc.

Lentes bifocales, B. Franklin, 1784

Lentes trifocales o progresivas

Lentes protección solar y UV, óxidos de K, Zn, Ce

Lentes protección alta luminosidad, óxidos Nd, Co, Fe

Vidrios fotocromáticos, 1960, boroaluminosilicato con AgCl/Cu<sup>+</sup>

# JERINGAS

Jeringas de Jeanne Lüer, c 1850



Jeringa de Pravaz con tubo de vidrio, 1825

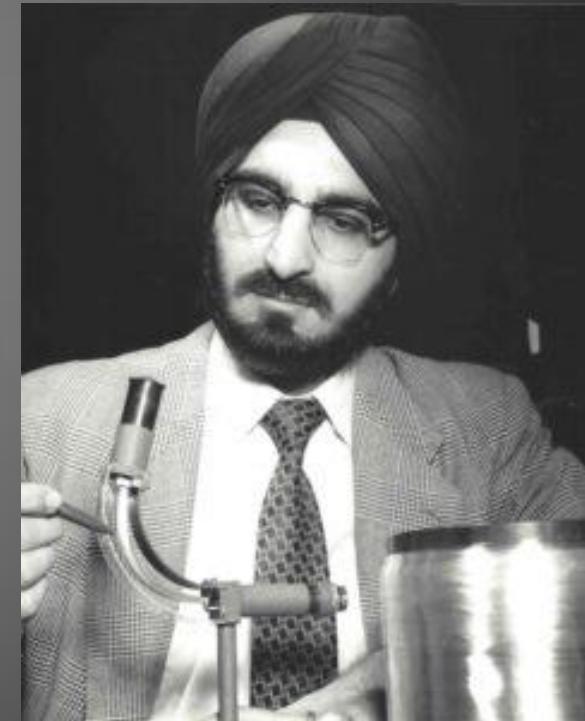


Surgen como una aplicación de las fibras ópticas de vidrio  
Visualización directa de órganos internos inaccesibles a la vista  
El primer endoscopio fue construido por Heinrich Lamm en 1930  
N. S. Kapany ideó un sistema flexible de observación que llamó fibroscopio  
Actualmente existen endoscopios específicos (gastroskopios, broncoskopios, colonoskopios, citoskopios, artroskopios, laparoskopios, etc.)

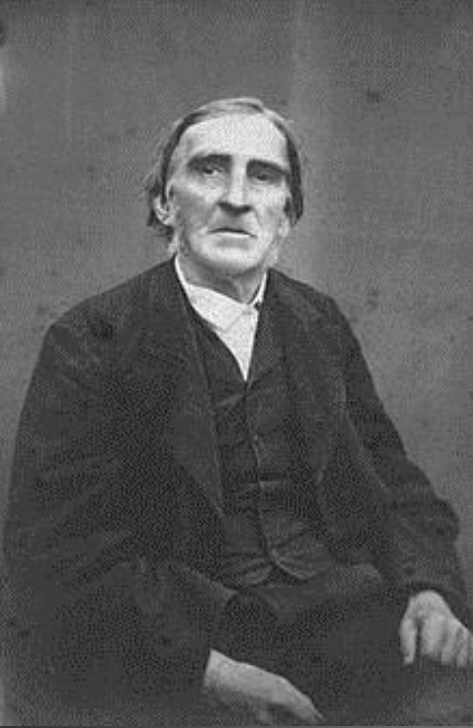
Heinrich Lamm (1908-1974)



Endoscopio de observación directa



Narinder Singh Kapany  
(1926-2020)



Ludwig Müller-Uri (1811-1888)



Larry L. Hench (1938-2015)

## Propiedades de los vidrios bioactivos:

- resistencia mecánica adecuada
- carencia de toxicidad
- biocompatibilidad con los tejidos vivos
- bioactividad ante el crecimiento y la fijación del tejido vivo sobre ellos
- biodegradabilidad durante su permanencia en el organismo



# El vidrio científico y el ARTE



Jeannet Iskandar  
"Between frequent and whole I y II"  
Dinamarca, 2012

# EUROPÄISCHES MUSEUM FÜR MODERNES GLAS. RÖDENTAL (ALEMANIA)



Věra Lísková  
"Música"  
Chequia, 1977



Julia Weiland  
"Informel structure"  
2012



KUNSTSAMMLUNGEN DER VESTE COBURG.  
COBURG (ALEMANIA).



Jörg Hanowski  
"Lost in time III"  
Alemania, 2013



# CONCLUSIÓN

Espero que este repaso del vidrio en la Ciencia no haya resultado muy pesado...



El vidrio ha desempeñado un papel como material irremplazable y trascendental en el avance de la Ciencia y en el desarrollo tecnológico de numerosos ingenios e instrumentos.

Incluso ha sido y es un material inspirador de los artistas escultóricos.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

# El vidrio en la CIENCIA

Ma<sup>a</sup> Ángeles Villegas  
Instituto de Historia, CSIC



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



**CERVITRUM**  
*by 1611*



INSTITUTO DE HISTORIA  
CCHS-CSIC