



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

 **Facultat de Física**



Jueves 26 de marzo de 2015, 12:30 horas
Salón de Actos de la Biblioteca de Ciencias "Eduard Boscà"
Campus de Burjassot

La naturaleza de la luz a través de la historia y de los premios Rotary



ROTARY CLUB
VALENCIA-CENTRO



De la práctica "El Arco Iris: de la retroreflexión en una esfera a su observación en la naturaleza", ganadora del XX Premio Rotary

Prof. Pedro González Marhuenda
Departamento de Física Teórica. Universitat de València

 **Facultat de Física**

PREMIO ROTARY CLUB VALENCIA CENTRO

AL FOMENTO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL EN FÍSICA

1988 -



CLUB ROTARY
VALENCIA CENTRO

VNIVERSITAT
E VALÈNCIA  Facultat de Física

GRADO/LICENCIATURA EN FÍSICA

XXV PREMIO ROTARY 2013

CLUB VALENCIA CENTRO

Fecha límite para preinscribirse: **1 de octubre de 2013.**
Fecha límite para presentar la documentación: **1 de octubre de 2013.**
PREMIO DE 1.000 EUROS



CLUB ROTARY
VALENCIA CENTRO

BASES DEL CONCURSO

1. El trabajo consistirá en el diseño y realización de una práctica de laboratorio, correspondiente a una asignatura del Grado en Física, preferentemente de carácter obligatorio.
2. Podrán concursar todos los estudiantes matriculados en el Grado o la Licenciatura de Física de la Universitat de València en el momento de la preinscripción.
3. Los trabajos podrán ser presentados por más de un estudiante, hasta un máximo de tres y bajo la supervisión de un profesor o profesora de la Facultad, que asumirá las funciones de tutoría.
4. La práctica necesariamente deberá estar funcionando, antes del fallo del jurado, en cualquiera de los laboratorios de prácticas del Grado.
5. Habrá un **1º PREMIO Rotary Club Valencia Centro**, dotado con **1000 Euros** y un **2º PREMIO Facultat de Física**, dotado con **500 Euros**.
6. Ambos premios podrán quedar declarados desiertos.
7. El Jurado estará formado por profesores de la Facultat de Física, preferentemente responsables de los laboratorios docentes de la Facultad de Física, y estará presidido por el Presidente del Rotary Club Valencia Centro o persona en quien delegue. El Profesor Tutor no podrá formar parte del jurado.
8. La decisión del jurado será inapelable.
9. Se valorará principalmente la originalidad, capacidad demostrativa del fenómeno físico estudiado, redacción de la memoria explicativa así como cualquier otro aspecto que el Jurado estime oportuno. En cualquier caso, será imprescindible incluir un guión detallado de la práctica tal y como se propone para su desarrollo en el laboratorio docente de destino, aportando los resultados correspondientes.
10. Para concursar será necesario presentar una preinscripción antes del **1 de octubre 2012**, mediante un formulario depositado en la sección de anuncios de la página web de la Facultat de Física o en la secretaría del centro. En dicho formulario, además de los datos básicos de la práctica y de los concursantes, deberá constar el laboratorio de destino y una firma del responsable que garantice como factible la ubicación posterior de la práctica en dicho laboratorio. La documentación final explicativa de la práctica se presentará antes del **1 de octubre 2012**, aportando una copia impresa de la memoria explicativa y un fichero electrónico.
11. La entrega de los premios se realizará en un acto académico que será anunciado oportunamente.

ANIVERSARIO

X

PREMIO ROTARY
CLUB VALENCIA CENTRO
al Fomento del Trabajo
Experimental en Física
1988 2013

X

V

Pedro González Marhuenda

*A todos los que han hecho posible este aniversario
¡Felicidades!*

EL PREMIO ROTARY CLUB VALENCIA CENTRO	11	XIII PREMIO ROTARY	
PRÁCTICAS PRESENTADAS A CONCURSO	16	Desarrollo de una Aplicación mediante Software SCADA	132
PRÁCTICAS GANADORAS DEL PREMIO ROTARY	32	XIV PREMIO PRÁCTICA DE LABORATORIO	
I PREMIO ROTARY		Estudio Comparativo entre las Leyes de Stokes y Newton	136
Transmisión del Calor por Convección:		XVI PREMIO ROTARY	
Construcción de un Anemómetro de Hilo Caliente	34	Láser de Cavidad Abierta: Estabilidad y Modos Transversales	142
II PREMIO ROTARY (A)		XVII PREMIO ROTARY	
Cálculo de Magnitudes Físicas: Empleo de un Cronómetro de Precisión Variable	38	Dipolos Magnéticos	150
II PREMIO ROTARY (B)		XVIII PREMIO ROTARY	
Mesura de l'Emissivitat i l'Absortivitat de Superfícies Selectives a l'Energia Solar	44	Análisis Estático y Dinámico de un Sistema Lineal con Distribución de Masa No Uniforme	160
III PREMIO ROTARY		XIX PREMIO ROTARY	
Experiencias con Microondas	50	Termodinámica de Interfases Líquido-Aire	170
IV PREMIO ROTARY		XX PREMIO ROTARY	
Medidas de la Onda Evanescente y del Coeficiente de Transmisión en Ondas Electromagnéticas	58	El Arco Iris: de la Retrorreflexión en una Esfera a su Observación en la Naturaleza	184
V PREMIO ROTARY		XXI PREMIO ROTARY	
Resonancias de Ondas Electromagnéticas	70	Corrientes de Foucault. Medida de la Conductividad Eléctrica por Inducción Electromagnética	198
VI PREMIO ROTARY		XXII PREMIO ROTARY	
Ondas Acústicas	78	Efecto Fotoeléctrico. Determinación Experimental de la Intensidad de Corriente Fotoeléctrica en una Cámara de Ionización Abierta	210
VII PREMIO ROTARY		XXIII PREMIO ROTARY	
Orden versus Caos (Un Mundo Abierto)	84	Guías de Ondas Electromagnéticas	220
VIII PREMIO ROTARY		PUBLICACIONES. PRÁCTICAS EN USO	232
Medida de la Permitividad Dieléctrica de Líquidos Polares	96	EPÍLOGO	246
IX PREMIO ROTARY		AGRADECIMIENTOS	248
Ley de los Gases Ideales	104		
X PREMIO ROTARY			
Medida del Gradiente del Índice de Refracción en un Medio Estratificado	110		
XI PREMIO ROTARY			
Sistemas Guiadores con Simetría de Traslación: Guía de Ondas Rectangular	118		
XII PREMIO ROTARY			
Determinación Indirecta de la Velocidad de la Luz en el Vacío mediante un Circuito Resonante	126		

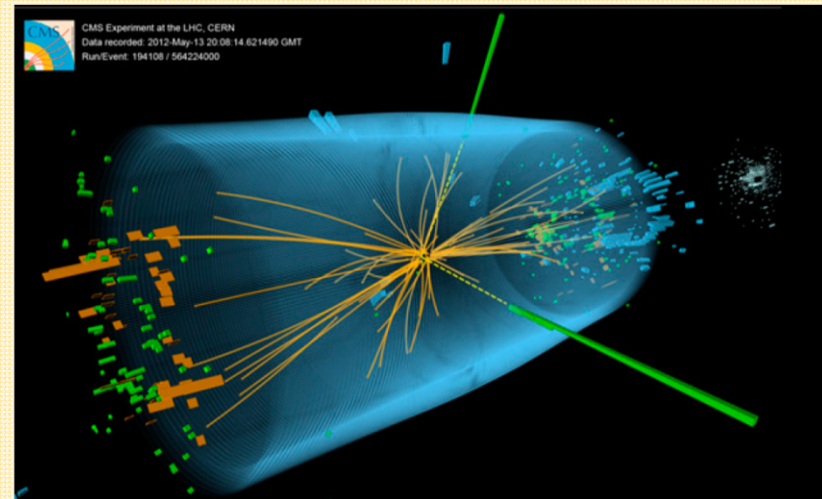


INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015

**AÑO INTERNACIONAL
DE LA LUZ 2015**

LA NATURALEZA DE LA LUZ

a través de la Historia y de los Premios Rotary



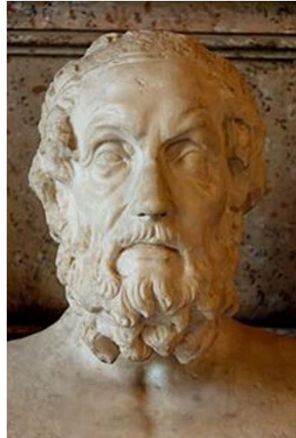
Pedro González Marhuenda

Dpto. Física Teórica, Universitat de València

Al principio el hombre tenía miedo del rayo
y el trueno que atribuía a la ira de los dioses



Homero (*Ilíada*, siglo IX a. C.)



*... cuando Zeus,
que se deleita con el rayo ...*



Luego llegó el conocimiento y el miedo, sin desaparecer del todo, pudo ser mitigado

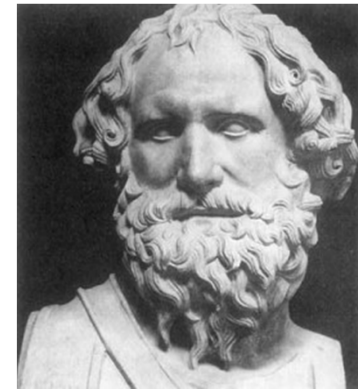
Platón (*Timaeus*, siglo IV a. C.)

Los ojos de los seres vivos proyectan rayos de fuego sutil...la visión se produce por el encuentro de ese fuego interior con la luz exterior ...

Herón de Alejandría (*Catoptrica*, siglo I d. C.)

... por qué los rayos procedentes de nuestros ojos son reflejados por los espejos y por qué las reflexiones son en ángulos iguales ...

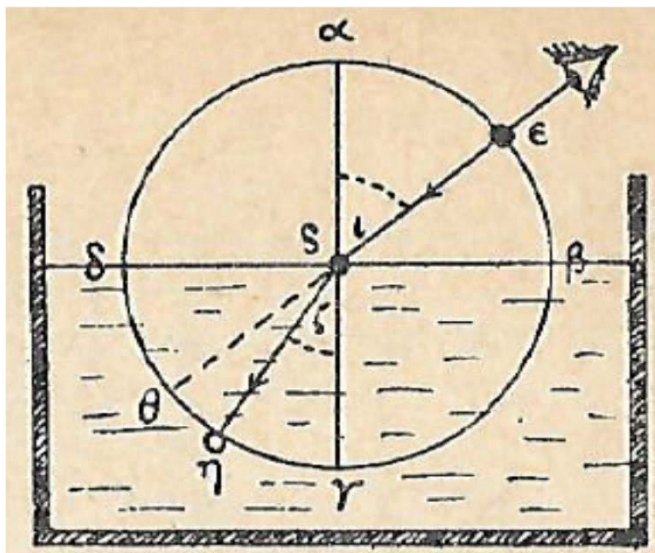
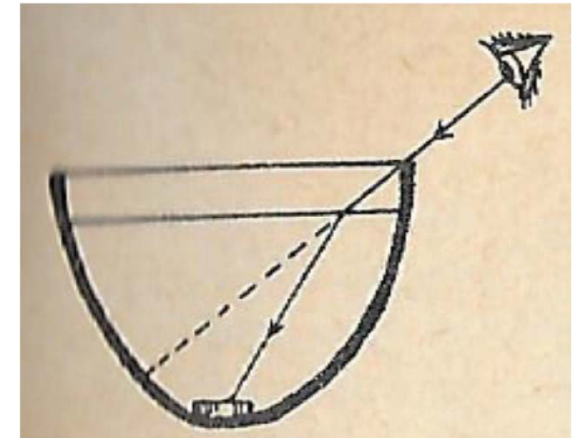
Que los rayos procedentes de nuestros ojos se mueven con velocidad infinita ...



Claudio Ptolomeo (*Optica*, siglo II d. C. (*De aspectibus*, siglo XIV d. C.))

Los rayos visuales pueden ser alterados de dos maneras:
por **reflexión** en espejos y por **curvatura** (refracción)
en el caso de medios que permiten la penetración

El grado de curvatura que se produce en el agua
puede ser observado con un experimento realizado
con la ayuda de un disco de cobre ...



				<u>Curvatura</u>
$\alpha\epsilon$ es:	10°	$\gamma\eta$ será	8°	2°
	20°		$15\frac{1}{2}^{\circ}$	$4\frac{1}{2}^{\circ}$
	30°		$22\frac{1}{2}^{\circ}$	$7\frac{1}{2}^{\circ}$
	40°		29°	11°
	50°		35°	15°
	60°		$40\frac{1}{2}^{\circ}$	$19\frac{1}{2}^{\circ}$
	70°		$45\frac{1}{2}^{\circ}$	$24\frac{1}{2}^{\circ}$
	80°		50°	30°

W. Snell (1621) – R. Descartes (*La Dioptrique*, 1637)

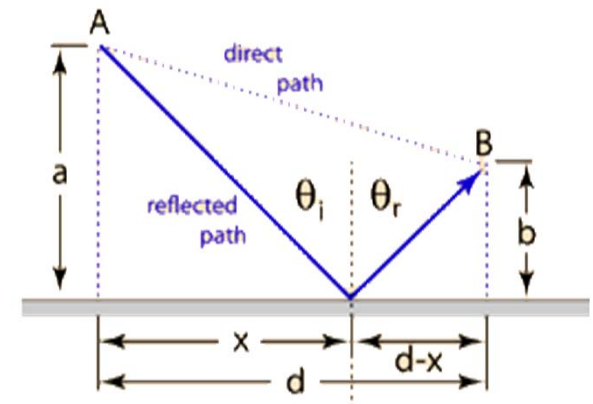


$$\frac{\sin i}{\sin r} = a$$



P. de Fermat (*Lettre*, 1662)

... El trayecto seguido por la luz al propagarse de un punto a otro es tal que el tiempo empleado en recorrerlo es un mínimo....

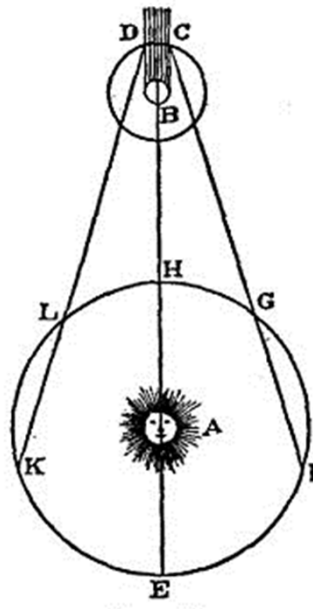


F. M. Grimaldi (*Physico-mathesis de lumine*, 1665): difracción

E. Bartholin (*Experimenta crystalli islandici*, 1669): birrefringencia



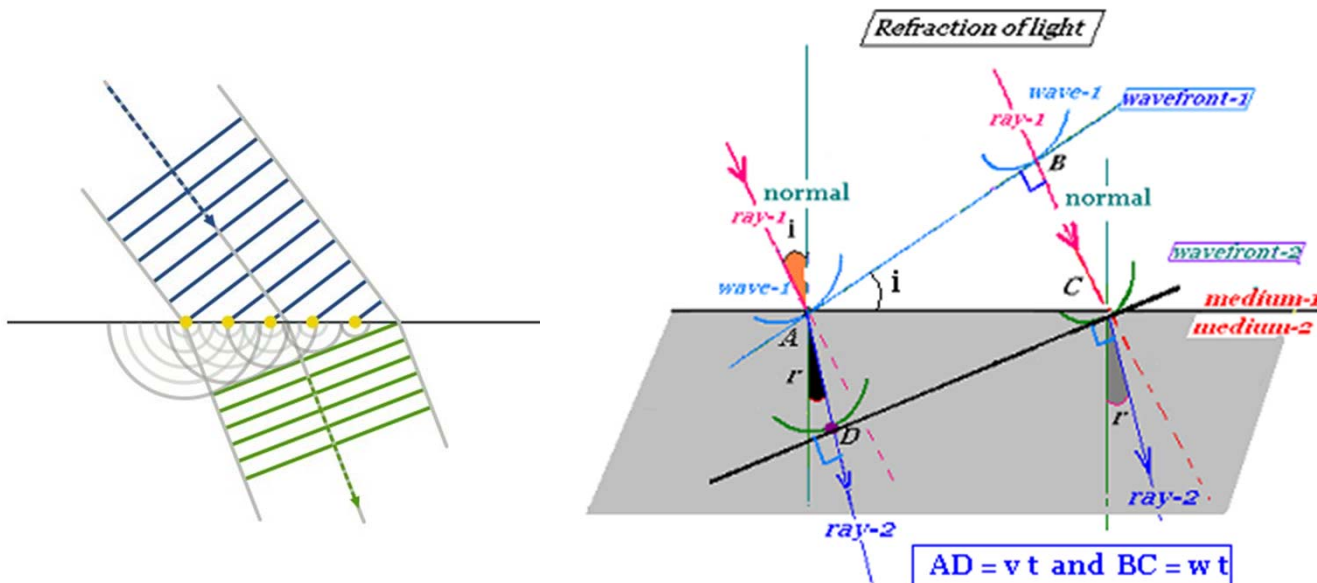
O. Roemer (*Démonstration touchant le mouvement de la lumière...*, Journal de Scavans, 1676): medida de c



C. Huygens (*Traité de la Lumière*, 1690)

... la luz nos llega de los cuerpos luminosos ...

... nuestro conocimiento de la propagación del sonido en el aire puede llevarnos a comprender su modo de propagación ... en un medio material de gran elasticidad, impalpable, que todo lo llena: el éter

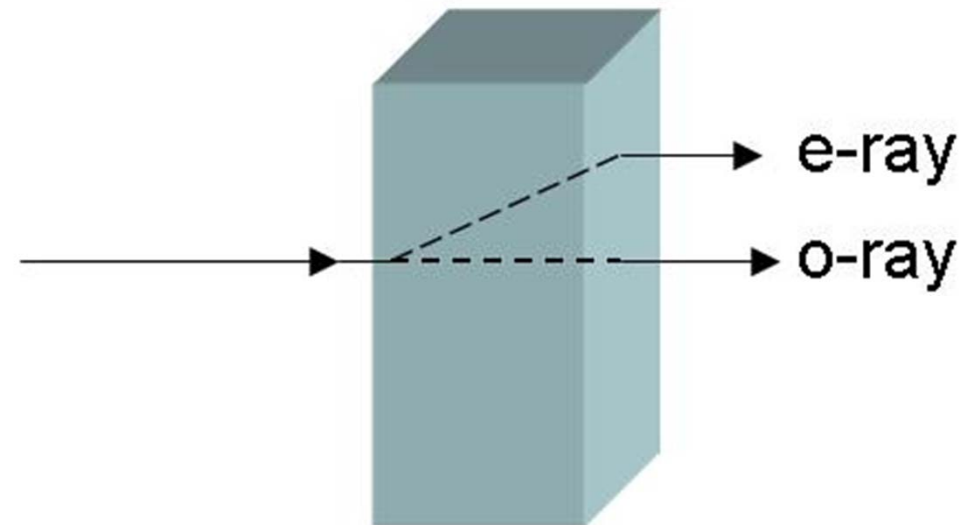


$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{w}{v}$$

Pero ...

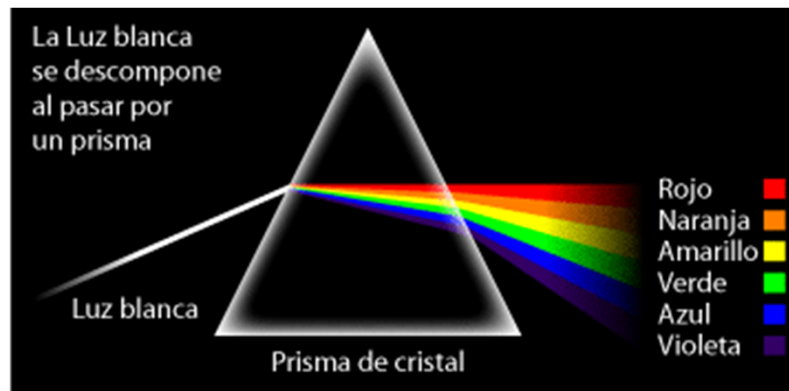
la **difracción** no era evidente

la **birrefringencia** es incompatible con una vibración longitudinal

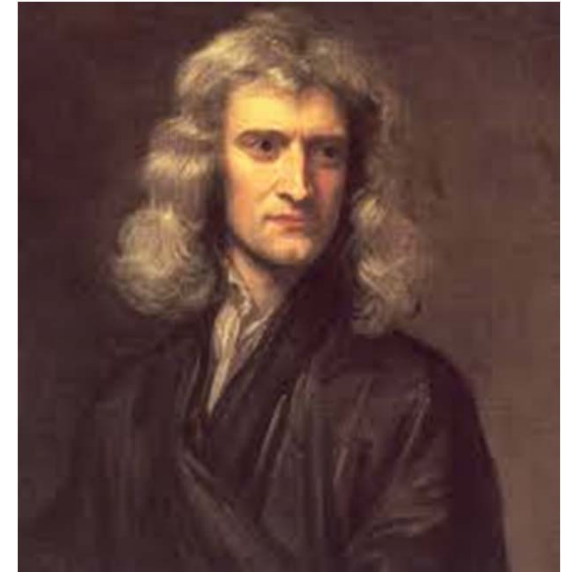


I. Newton (*Opticks*, 1666, 1704)

La luz blanca del Sol está compuesta por rayos de diferentes colores: desde los azules más refrangibles a los rojos menos refrangibles



... lo que explica la formación del arco iris



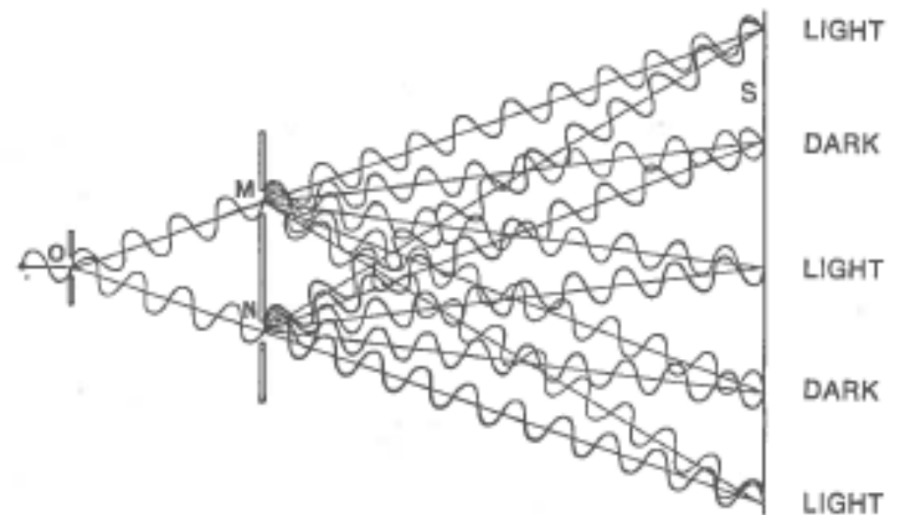
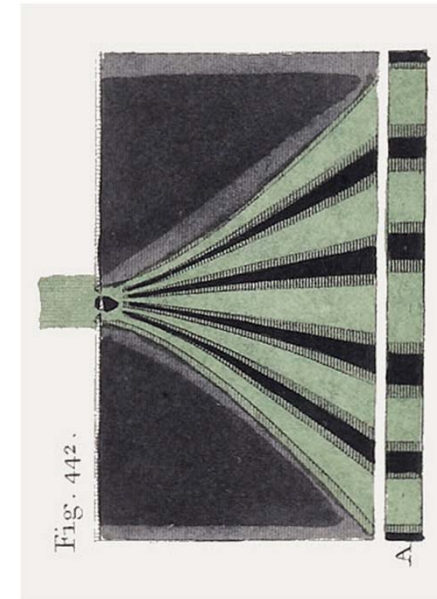


T. Young (*Lectures to the London Royal Inst.* 1802, 1807)

... cuando un haz de luz homogénea incide sobre una pantalla en la que hay dos pequeños agujeros o rendijas

... su luz se divide en franjas en proporciones casi iguales ...

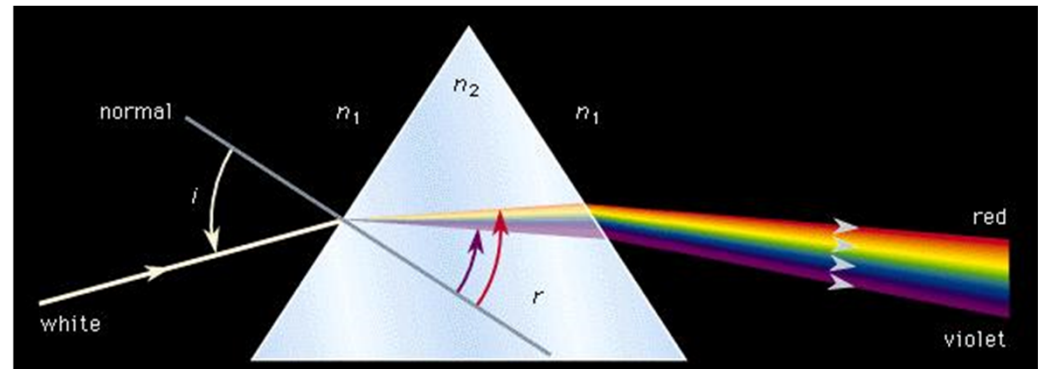
... los espacios oscuros intermedios corresponden a diferencias de media, una y media, dos y media o más ondulaciones (longitudes de onda)



Índice de Refracción $n \equiv \frac{c}{v}$
(1807)

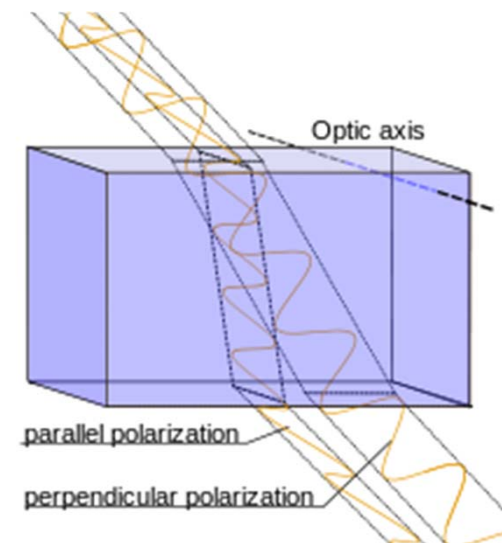
$$n_i \sin i = n_r \sin r$$

c : velocidad de la luz en el éter



E. Malus (*Nouveau bulletin des sciences*, 1811) - A. Fresnel (*Mémoires*, 1821)

Polarización - Ondas de luz transversales

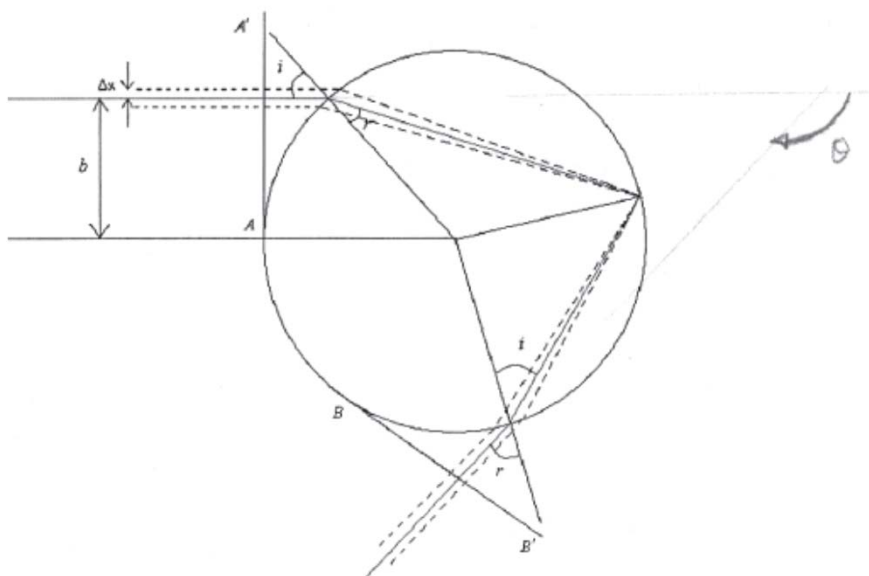
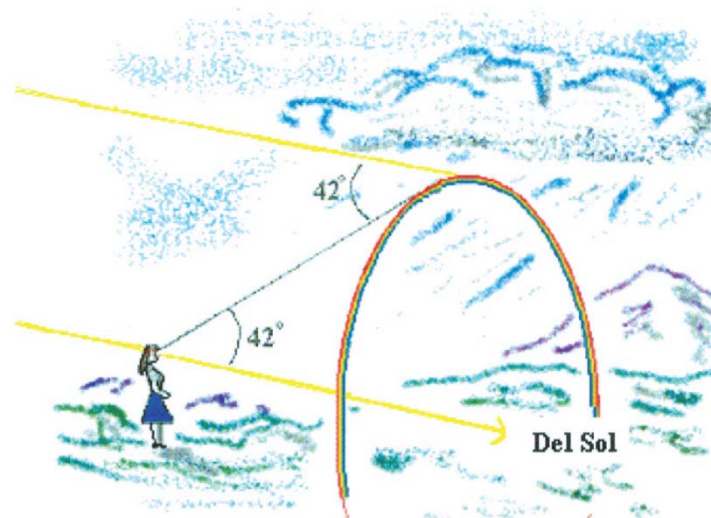


XXX PREMIO ROTARY 2006 - 2007

EL ARCO IRIS: DE LA RETRORREFLEXIÓN EN UNA ESFERA A SU OBSERVACIÓN EN LA NATURALEZA

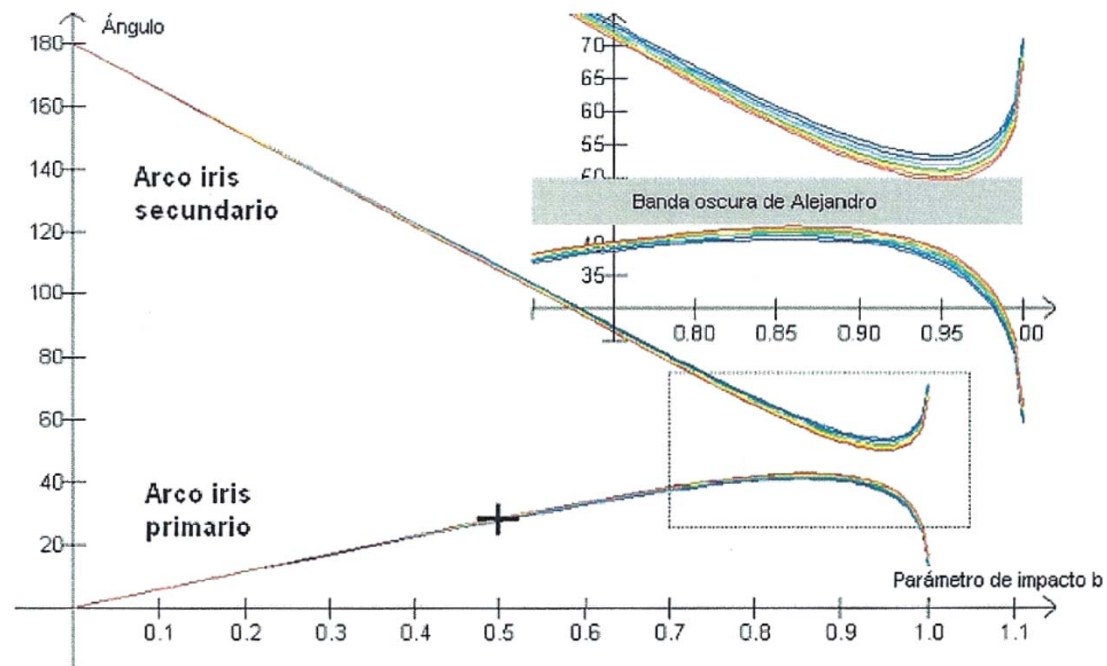
HÉCTOR NAVARRO FRUCTUOSO
EMILIO M. SÁNCHEZ ORTIGA

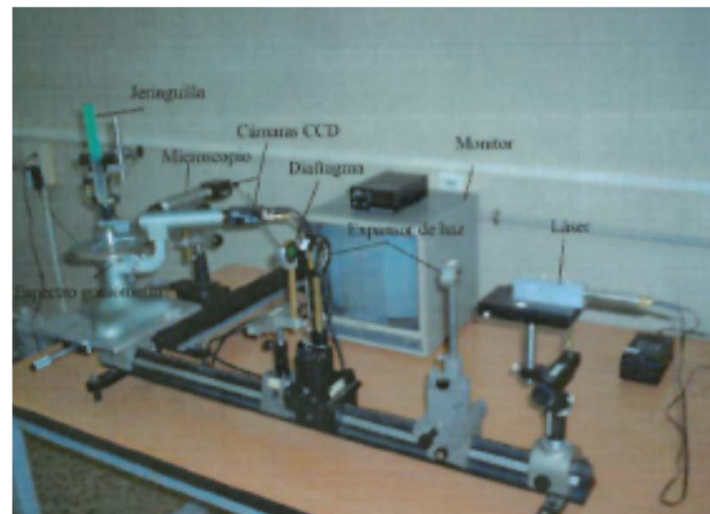
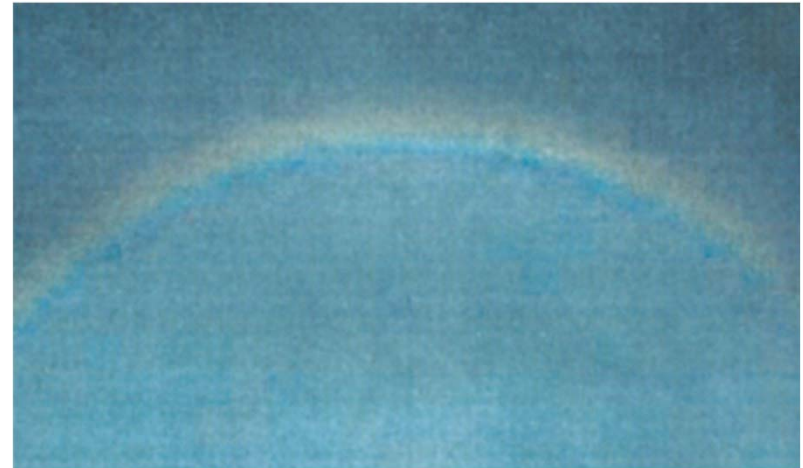
LABORATORIO_ÓPTICA

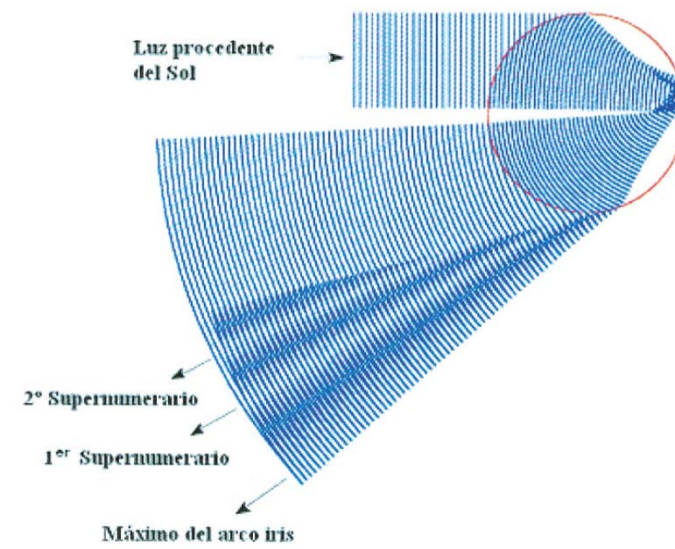


$$\theta_m = |2(i - r) + m(\pi - 2r)|$$

$$\sin(i) = \frac{b}{a}$$

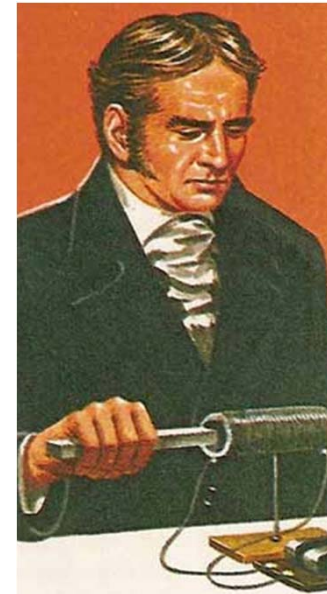
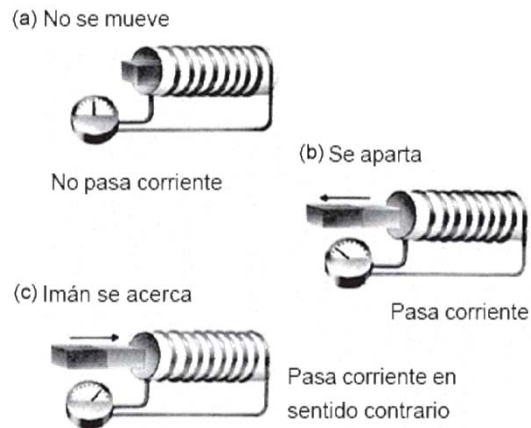






H. C. Oersted (*Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam*, 1820): Electromagnetismo

M. Faraday (*Diary*, 1831): Inducción Electromagnética



Campo Eléctrico y Magnético

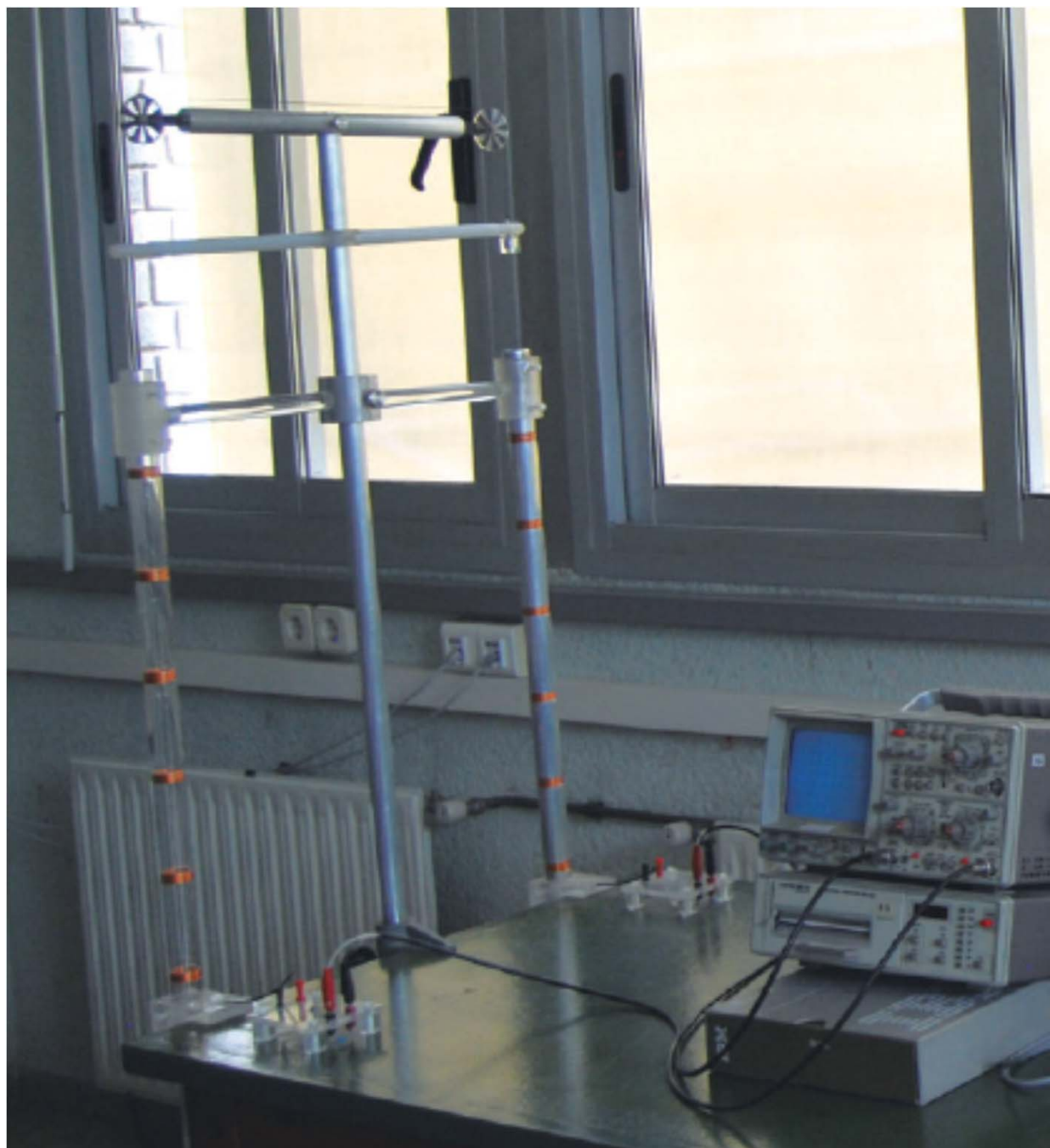
XVII PREMIO ROTARY

2003 - 2004

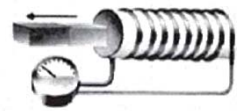
RAÚL LACOMBA PERALES
JAVIER RUIZ FUERTES

DIPOLOS MAGNÉTICOS

LABORATORIO_ELECTROMAGNETISMO

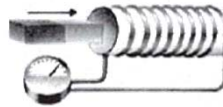


(b) Se aparta



Pasa corriente

(c) Imán se acerca



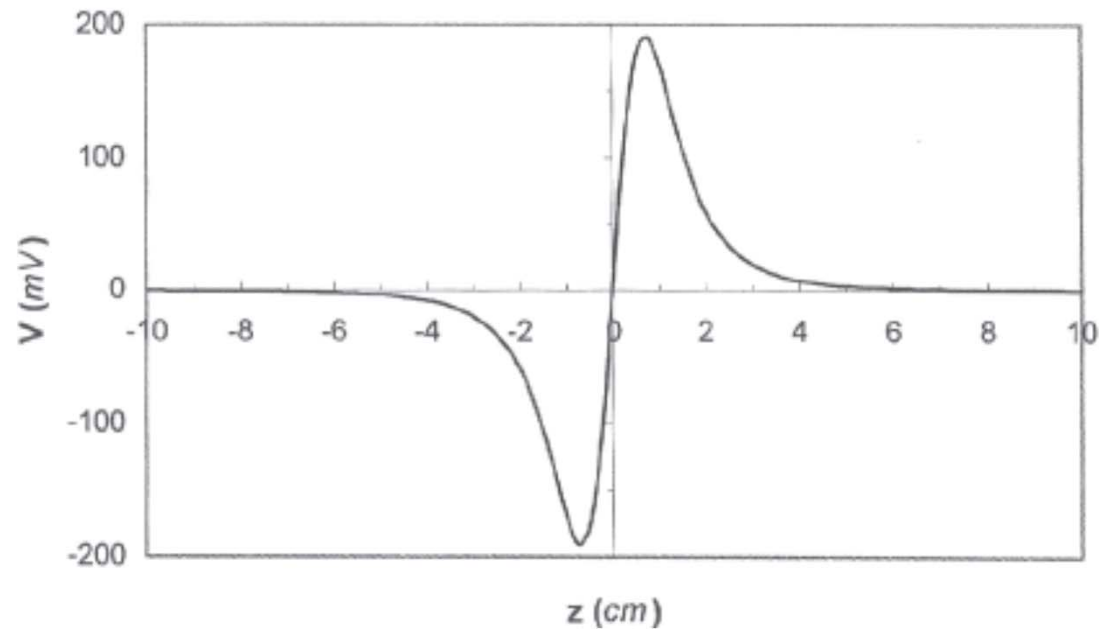
Pasa corriente en
sentido contrario

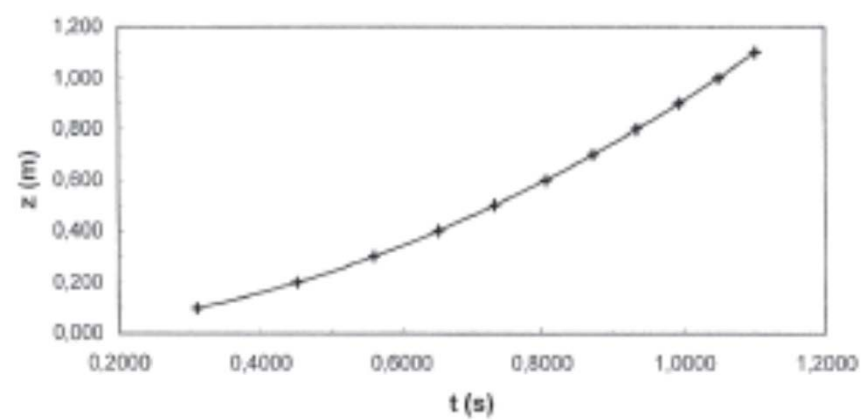
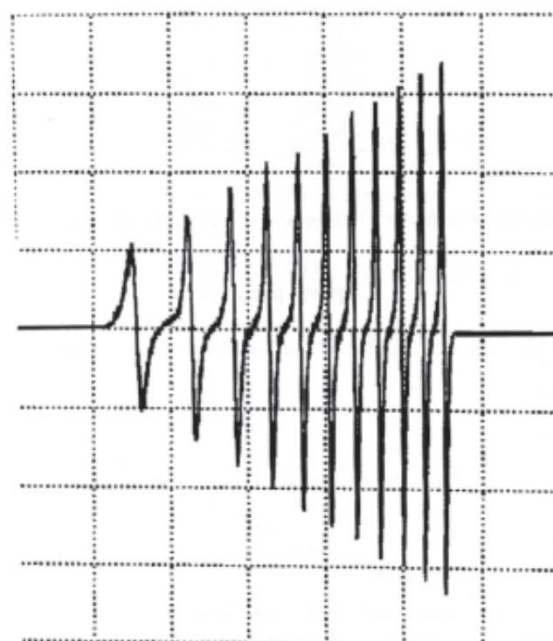
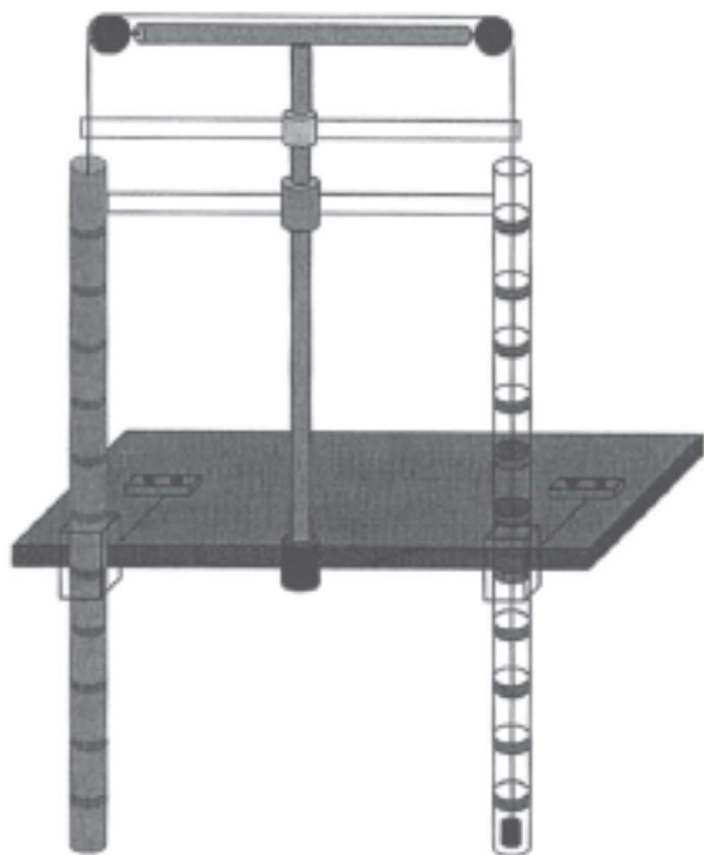
$$\phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

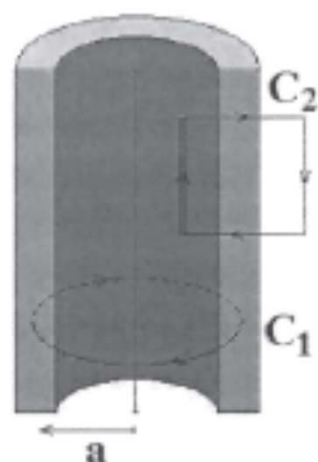
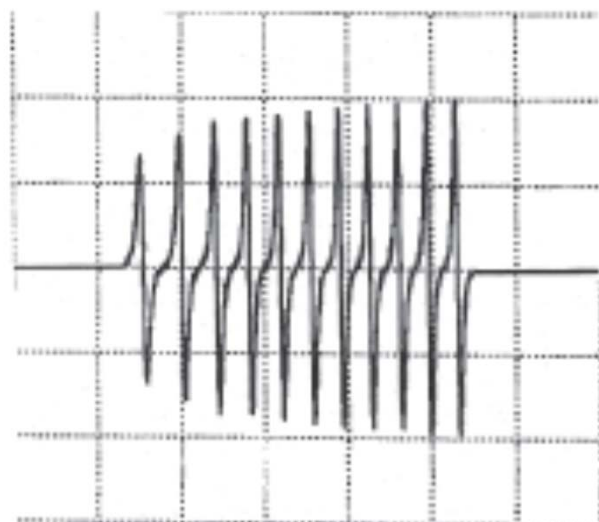
$$V = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\phi}{dz} \frac{dz}{dt}$$

$$V = \frac{3\mu_0 m N R^2}{2} \frac{zv}{(R^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}}$$

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{m}_1 \cdot \vec{r})\vec{r} - r^2 \vec{m}_1}{r^5}$$





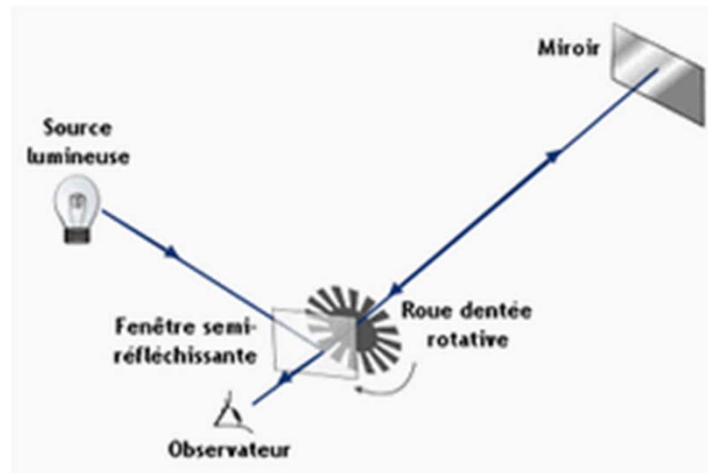


$$\oint_{C_1} \vec{E}_c d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \oint_{S_1} \vec{B}_{in} d\vec{S}$$

$$\vec{J}_c(t) = \sigma \vec{E}_c(t) \quad \oint_{C_2} \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \oint_{S_2} \vec{J}_c d\vec{S}$$

$$\vec{F} = (\vec{m} \cdot \vec{\nabla}) \vec{B}$$

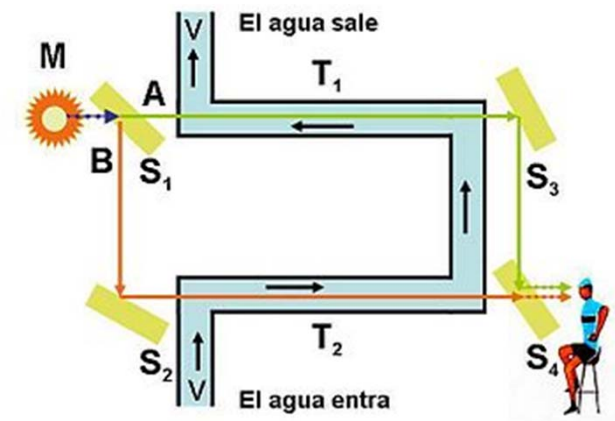
H. Fizeau (*Sur une expérience relative à la vitesse de la lumière*, Comptes Rendus, 1849)



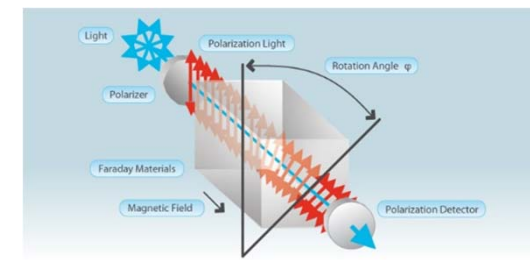
(*Sur les hypothèses relative à l'éther lumineux*, Comptes Rendus , 1851)

$$(v_{luz})_{tierra} \neq (v_{luz})_{agua} + (v_{agua})_{tierra}$$

$$(v_{luz})_{tierra} = (v_{luz})_{agua} + \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) (v_{agua})_{tierra}$$

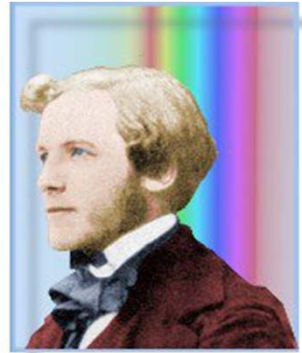


M. Faraday (*Diary*, 1845) : Efecto Faraday



J. C. Maxwell (*A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, Phil. Trans. Royal Society, 1865)

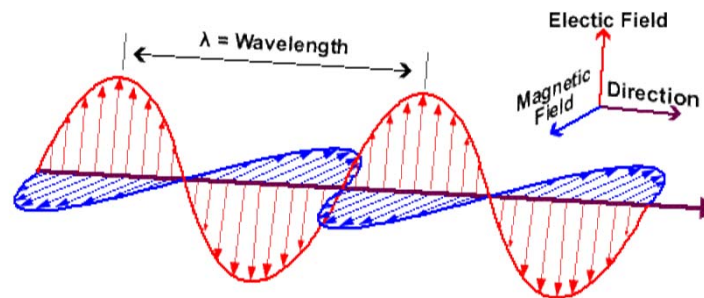
$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)\end{aligned}$$



$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} - \nabla^2 \mathbf{E} = 0$$

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} - \nabla^2 \mathbf{B} = 0$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

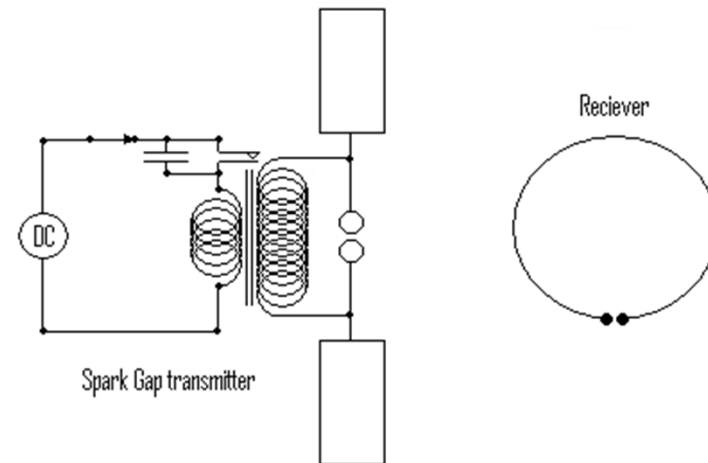


c : velocidad respecto al éter

H. Hertz (*Ueber die Ausbreitungsgeschwindigkeit der electrodynamischen Wirkungen*, Annalen der Physik, 1888)

Espectro Electromagnético

*... estas misteriosas ondas
electromagnéticas que no
podemos ver a simple vista.
Pero están ahí*



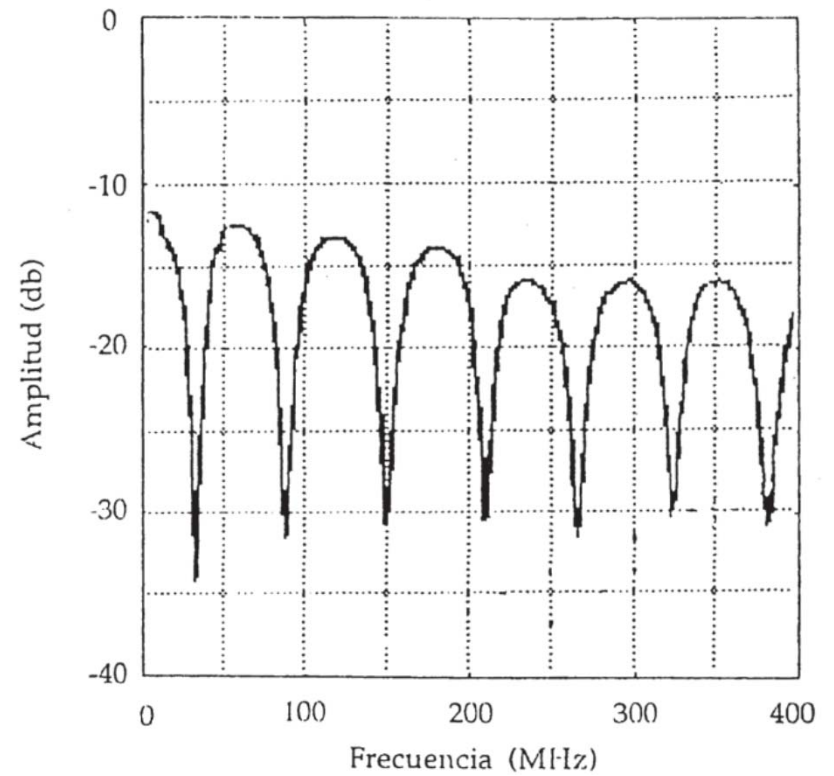
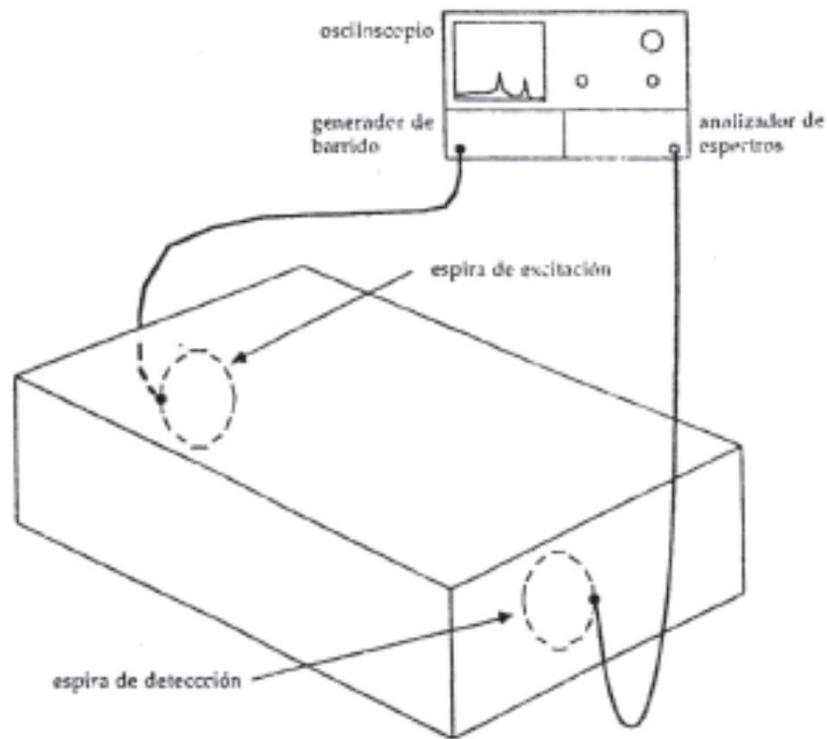
V PREMIO ROTARY
1991 - 1992

RESONANCIAS DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

JOSÉ MANUEL VILLALBA MONTOYA
FRANCISCO JAVIER MANJÓN HERRERA
ANTONIO GUIRAO PIÑERA

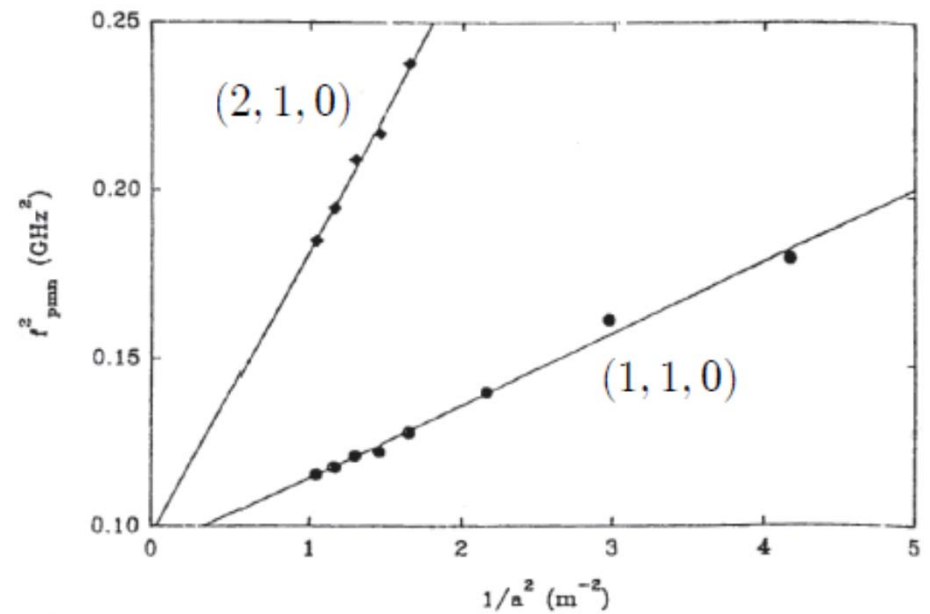
LABORATORIO ELECTROMAGNETISMO



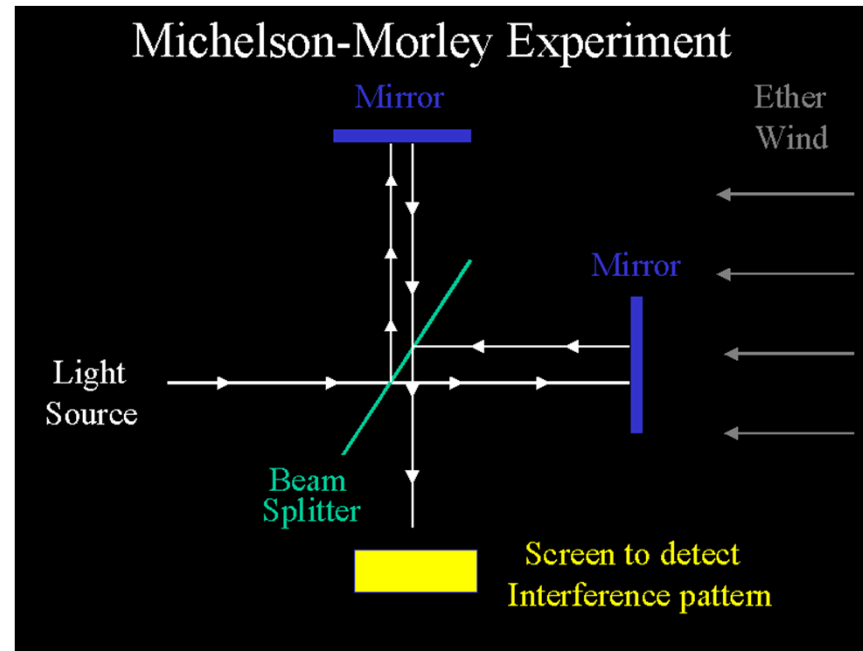


$$\frac{p^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} + \frac{n^2}{d^2} = \frac{1}{\left(\frac{\lambda_{pmn}}{2}\right)^2} = 4 \frac{f_{pmn}^2}{c^2}$$

$$c = (2.9 - 3.0) \times 10^8 \text{ m/s}$$



A. A. Michelson, E.W. Morley (*On the relative motion of the earth and the luminiferous ether*, American Journal of Science, 1887)



... la velocidad relativa de la tierra y el éter es probablemente menor que un sexto de la velocidad orbital de la Tierra

$$(v_{luz})_{tierra} \neq (v_{luz})_{éter} + (v_{éter})_{tierra}$$

A. Einstein (*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Annalen der Physik 1905)

Relatividad Especial

... ni los fenómenos de la electrodinámica ni los de la mecánica poseen propiedades que se correspondan con la idea de reposo absoluto ... elevemos esta conjetura a postulado (*Principio de Relatividad*)

... introduzcamos otro postulado: que la luz se propaga en el vacío con una *velocidad c independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor*

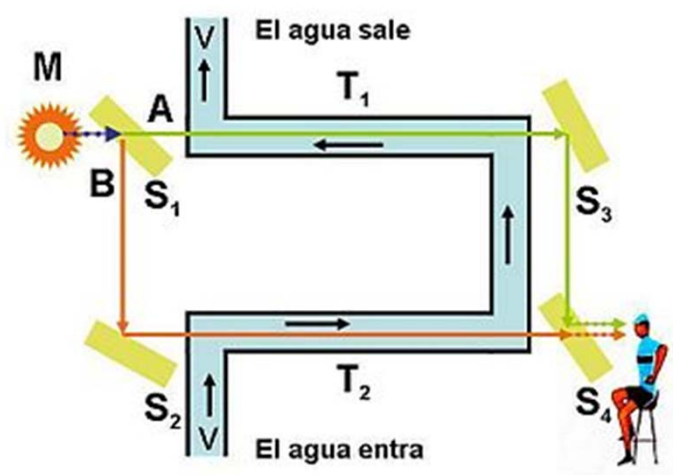
$$(v_{luz})_{vacío} = c$$

... la introducción de un éter luminífero resultará superflua ...

$$(v_{luz})_{aire} \simeq (v_{luz})_{vacío} = c$$

Experimento de Fizeau

$$v = \frac{v' + V}{1 + \frac{Vv'}{c^2}}$$

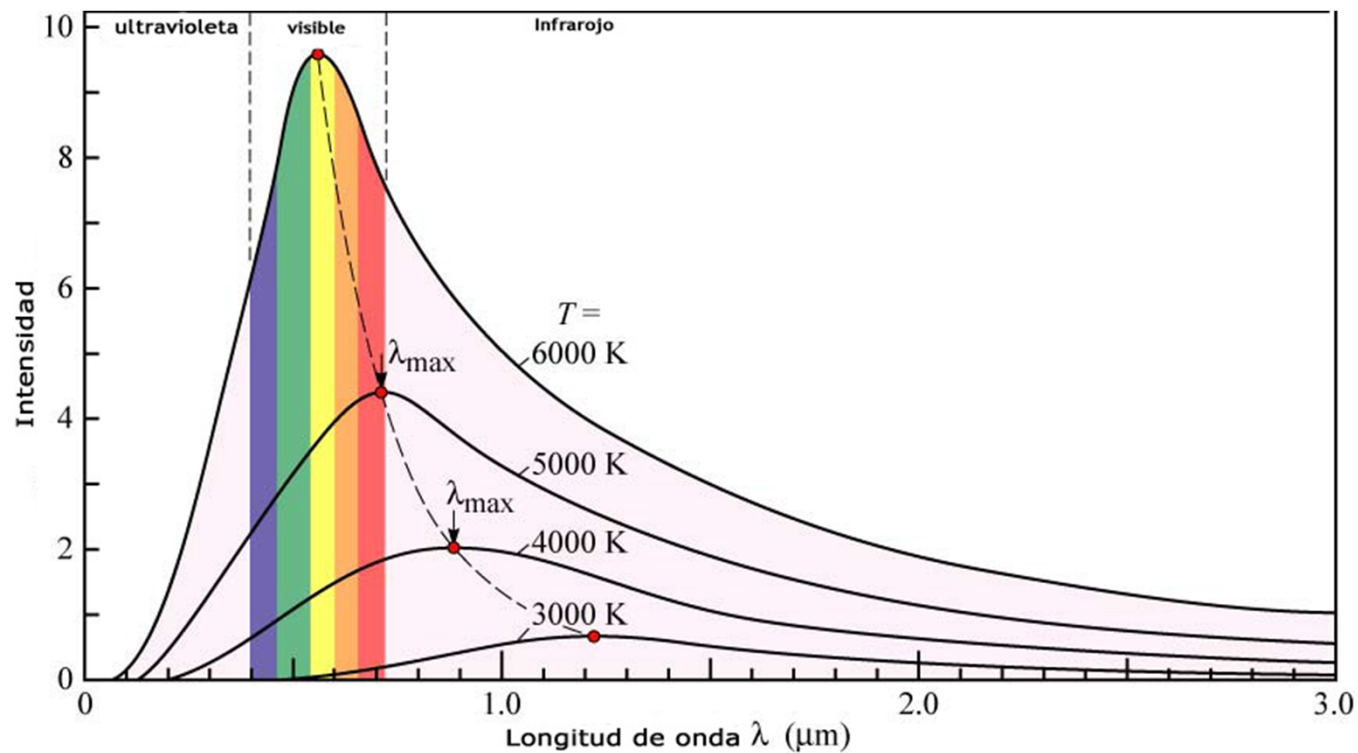


$$\begin{aligned}(v_{luz})_{tierra} &= \frac{(v_{luz})_{agua} + (v_{agua})_{tierra}}{1 + \frac{(v_{luz})_{agua} \cdot (v_{agua})_{tierra}}{c^2}} \\ &\simeq (v_{luz})_{agua} \left(1 - \frac{(v_{luz})_{agua} \cdot (v_{agua})_{tierra}}{c^2} \right) \\ &= (v_{luz})_{agua} + \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) (v_{agua})_{tierra}\end{aligned}$$

M. Planck (*Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normal-spektrum*, Deutsche Physikalische Gesellschaft, 1900)

*la energía electromagnética se emite en forma de paquetes:
cuantos de luz*

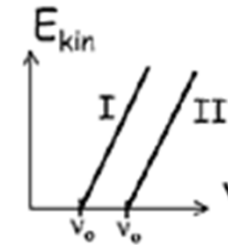
$$E = nh\nu$$



H. Hertz (*Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung*, Annalen der Physik, 1887): **Efecto Fotoeléctrico**

P. Lenard (*Ueber die lichtelektrische Wirkung*, Annalen der Physik, 1902)

*la energía de los electrones emitidos
aumenta con la frecuencia de la luz*



A. Einstein (*Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, Annalen der Physik 1905)

*Absorción de cuantos
de luz y emisión de
electrones*

$$E_{kin} = h(\nu - \nu_0)$$



R. Millikan (Phys. Rev., 1914) **G. N. Lewis** (1926): **fotón**

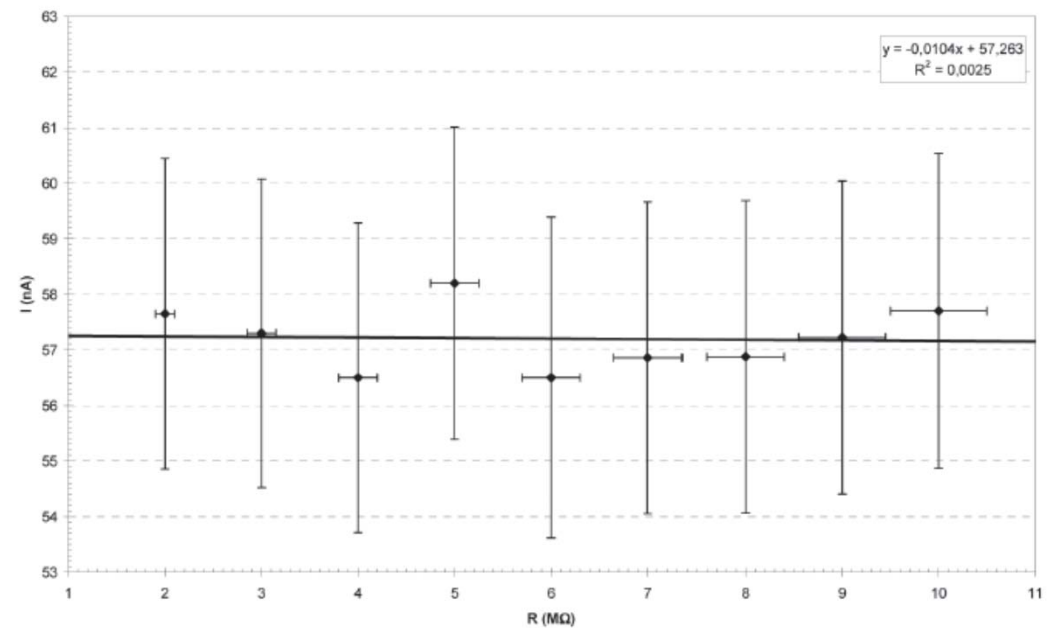
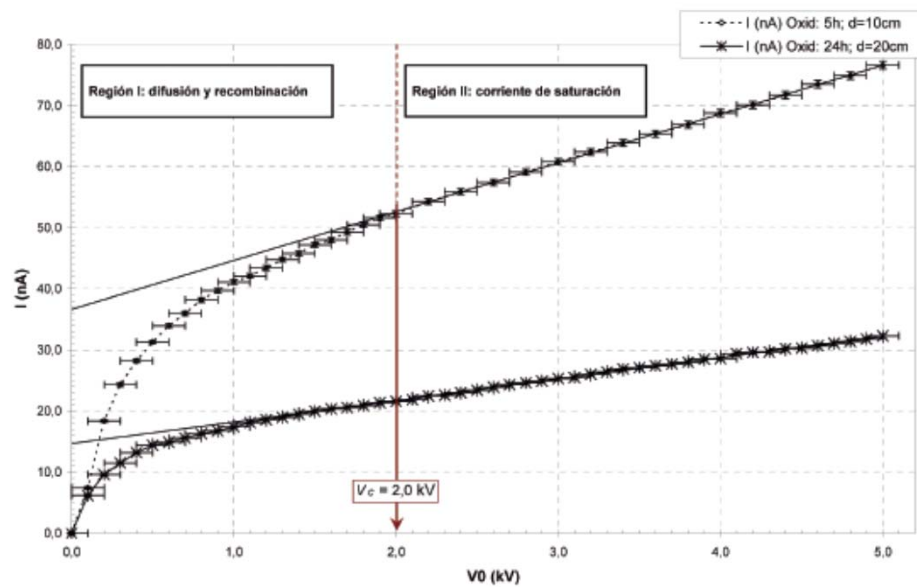
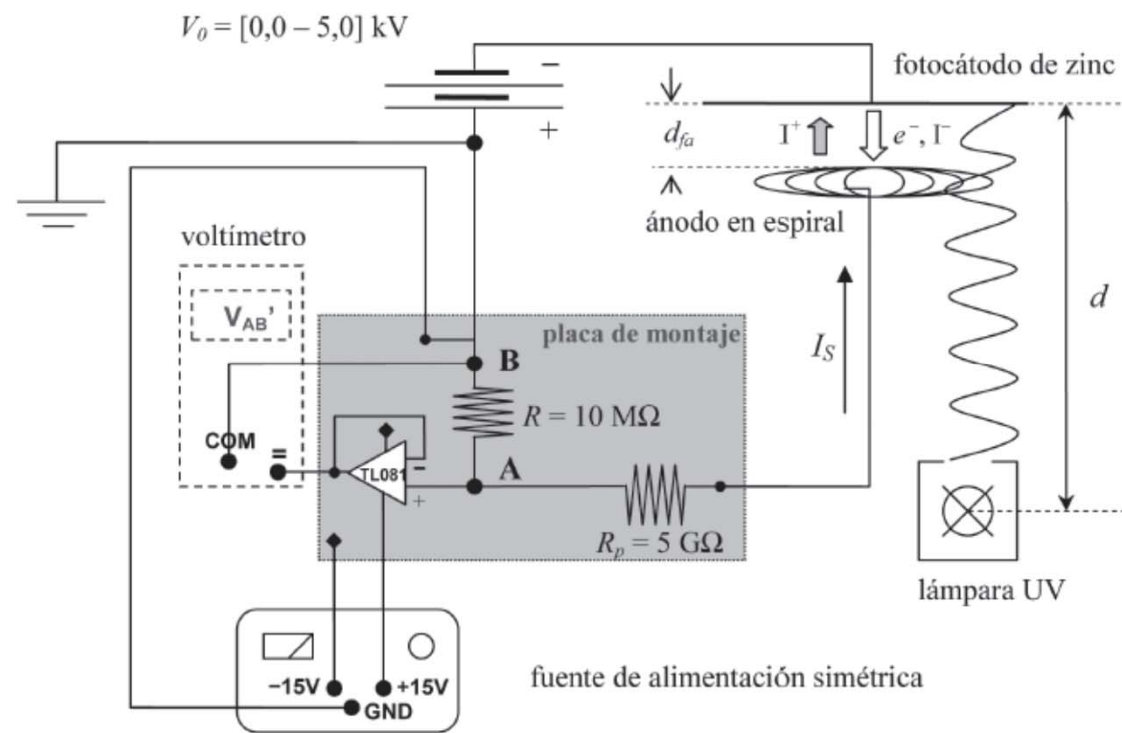
XXII PREMIO ROTARY 2008 - 2009

EFFECTO FOTOELÉCTRICO.
DETERMINACIÓN
EXPERIMENTAL
DE LA INTENSIDAD
DE CORRIENTE
FOTOELÉCTRICA
EN UNA CÁMARA
DE IONIZACIÓN ABIERTA

LABORATORIO_FÍSICA CUÁNTICA

MANUEL A. SOBRINO RODRÍGUEZ



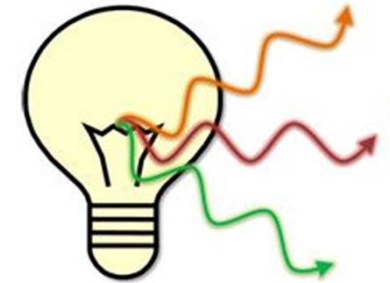
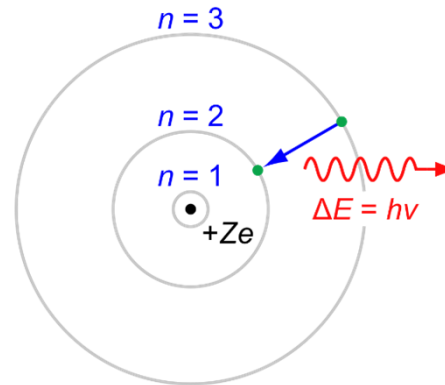


N. Bohr (*On the Constitution of Atoms and Molecules*, Phil. Magazine, 1913)

Espectros atómicos

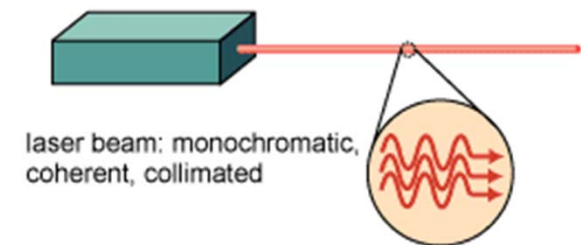
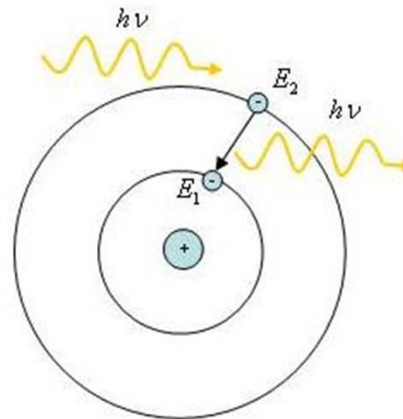
Emisión Espontánea

Absorción Estimulada



A. Einstein (*Strahlungs-emission und -absorption nach der Quanten-theorie*, Verhandlungen der Deutschen Physik. Gesellschaft, 1916)

Emisión Estimulada
(*coeficientes de Einstein*)



W. Heisenberg, E. Schrödinger, M. Born, P. A. M. Dirac

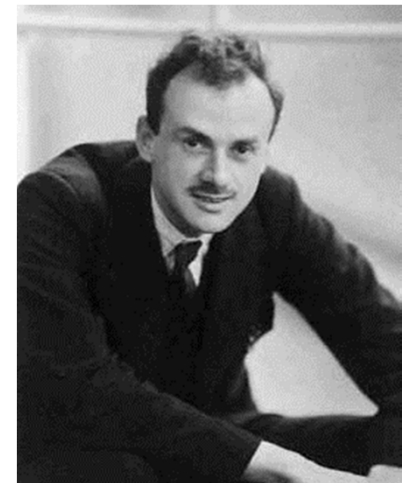
Mecánica Cuántica 1925 - 1930

P. A. M. Dirac (*The Quantum Theory of the Emission and Absorption of Radiation*, Proc. Royal Soc. 1927)

La interacción de las ondas electromagnéticas con el átomo es idéntica a la de un conjunto de partículas que se mueven con la velocidad de la luz y satisfacen la estadística de Bose-Einstein

Hay una completa armonía entre la descripción ondulatoria y cuántica de la interacción

Cálculo de los coeficientes de Einstein



S. Tomonaga, J. Schwinger, R. Feynman, F. Dyson

Electrodinámica Cuántica 1945 - 1950

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = i \sum_{\mathbf{k}, \mu} \sqrt{\frac{\hbar \omega}{2V \epsilon_0}} \left(\mathbf{e}^{(\mu)} a^{(\mu)}(\mathbf{k}) e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} - \bar{\mathbf{e}}^{(\mu)} a^{\dagger(\mu)}(\mathbf{k}) e^{-i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} \right)$$

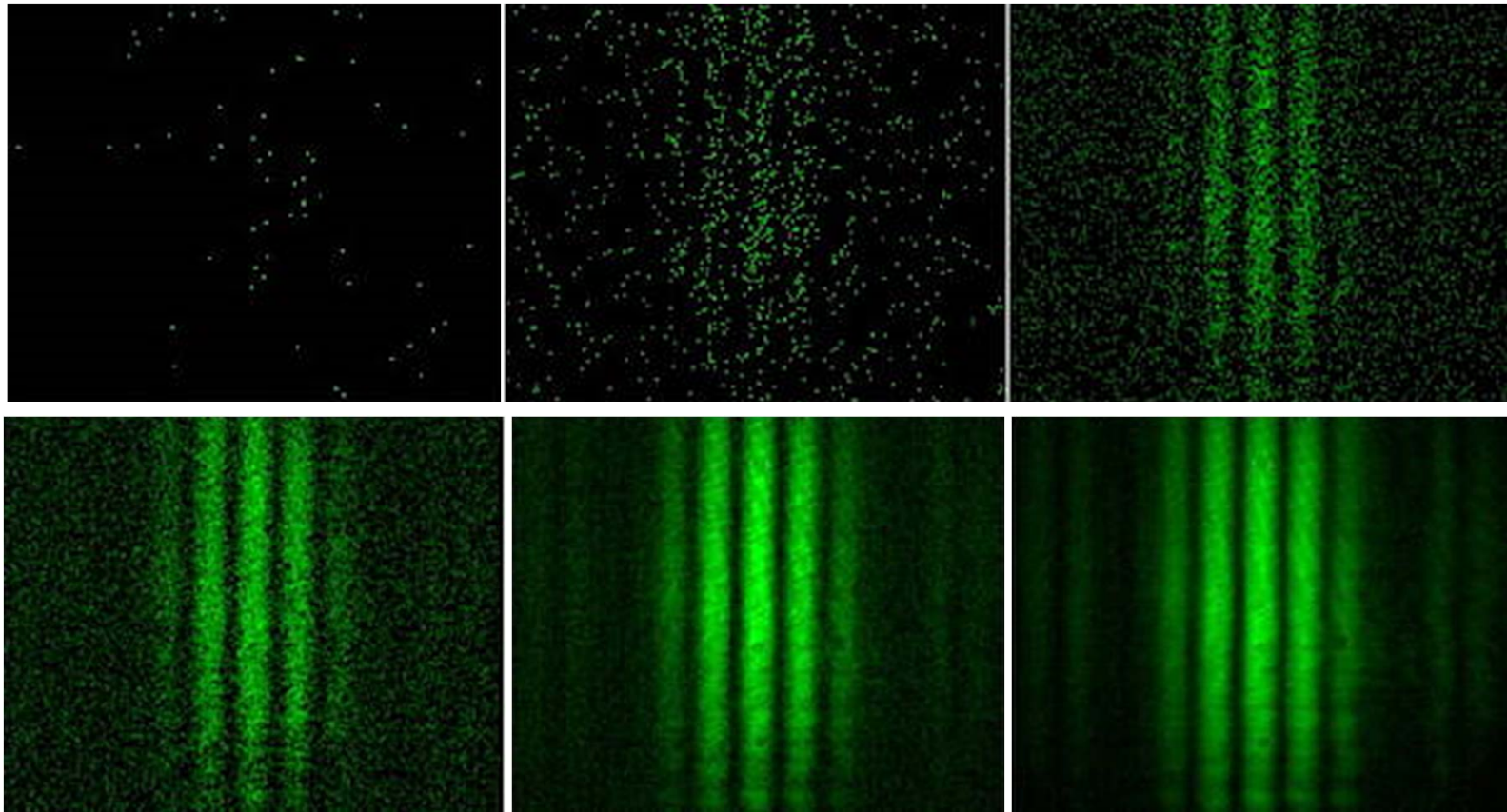
$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = i \sum_{\mathbf{k}, \mu} \sqrt{\frac{\hbar}{2\omega V \epsilon_0}} \left((\mathbf{k} \times \mathbf{e}^{(\mu)}) a^{(\mu)}(\mathbf{k}) e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} - (\mathbf{k} \times \bar{\mathbf{e}}^{(\mu)}) a^{\dagger(\mu)}(\mathbf{k}) e^{-i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} \right)$$

$$\omega = c \, |\mathbf{k}| = ck$$

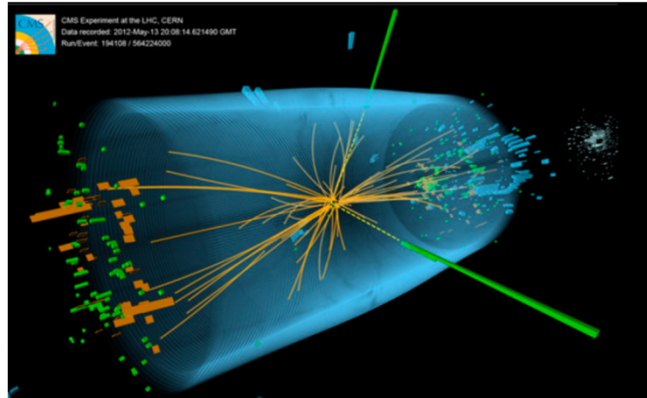
$$H = \frac{1}{2} \epsilon_0 \iiint_V (E(\mathbf{r}, t)^2 + c^2 B(\mathbf{r}, t)^2) \, \mathrm{d}^3 \mathbf{r} = \sum_{\mathbf{k}, \mu} \hbar \omega \left(a^{\dagger(\mu)}(\mathbf{k}) a^{(\mu)}(\mathbf{k}) + \frac{1}{2} \right)$$

G. I. Taylor (*Interference Fringes with Feeble Light*, Proc. Cam. Phil. Soc. 1909)

T. L. Dimitrova, A. Weis (Am. J. Phys. 2008)



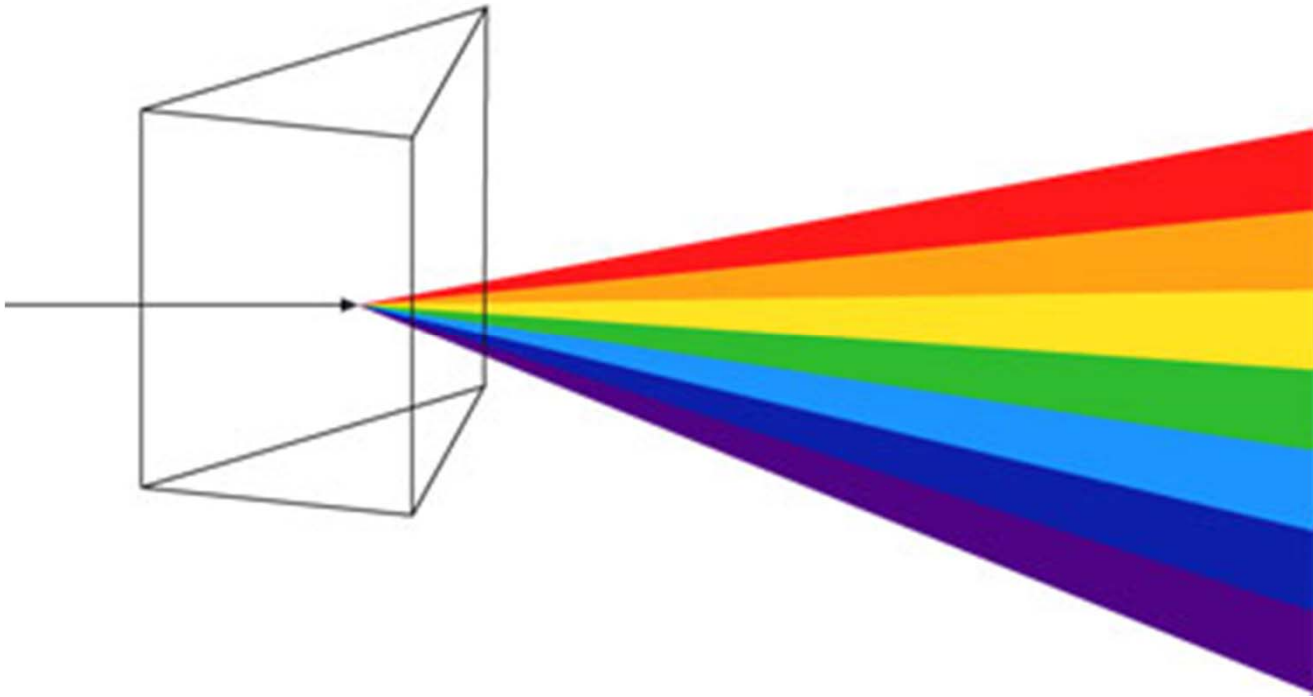
THE



KNOWLEDGE



GOES ON



T
H
E
E
N
D