

José Benito Vázquez Dorrió

bvazquez@uvigo.es

ETS de Enxeñaría de Minas Universidade de Vigo



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

# COAS MÁNS NA LUZ: aprender facendo os contidos da óptica e das ondas



O ano 2015 foi proclamado pola Asemblea Xeral das Nacións Unidas como o Ano Internacional da Luz e das Tecnoloxías baseadas na Luz. É unha forma de recoñecer a súa importancia fundamental na nosa vida cotiá e amosar as posibilidades que teñen para o noso desenvolvemento futuro. Os contidos relacionados con este campo da Física aparecen en diversas materias do curriculum preuniversitario de materias científicas e tecnolóxicas e poden relacionarse transversalmente cos contidos cando menos de materias como a Bioloxía, Química e Xeoloxía. No ámbito educativo os obxectivos de esta conmemoración poden centrarse no desenvolvemento de estratexias educativas para mellorar a comprensión das tecnoloxías fotónicas e fomentar as vocacións científicas neste ámbito. Unha das ferramentas que poden ser empregadas na aula son actividades manipulativas ou actividades experimentais que pretenden recordar que así como non se poden aprender estes contidos sen un dominio da ferramenta matemática relacionada tampouco pode acadarse un coñecemento profundo sen experimentación. No caso da Óptica e as súas subdisciplinas xerais (xeométrica, fisiolóxica, física, cuántica e aplicada) existen innumerables recursos que poden ser empregados directamente tanto para a construción de coñecemento como para desenvolver habilidades e competencias.



## Aprender facendo ...

O que temos que aprender a facer aprendémolo facéndoo

**Aristóteles**

Escoito e esquezo.

Vexo e recordo.

Fago e entendo.

**Confucio**



**Decirle só as cousas á xente no é unha boa maneira de aprender...**

**Roger Schank**

# Aprender facendo ... Hands-on Science





# Aprender facendo ... Hands-on Science



- HSci2004: <http://www.hsci.info/hsci2004/> **Liubliana-Eslovenia**
- HSci2005: <http://www.clab.edc.uoc.gr/2nd/> **Rethymo-Crecia**
- HSci2006: <http://www.hsci.info/hsci2006/index.html> **Braga-Portugal**
- HSci2007: <http://www.hsci.info/hsci2007.html> **Azores-Portugal**
- HSci2008: <http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008.html> **Recife-Brasil**
- HSci2009: <http://www.hsci.info/HSCI2009PROCEEDINGS.pdf> **Ahmedabad-India**
- HSci2010: <http://www.clab.edc.uoc.gr/hsci2010/> **Rehtymo-Grecia**
- HSci2011: [http://www.hsci.info/Proceedings\\_HSCI2011\\_lowres.pdf](http://www.hsci.info/Proceedings_HSCI2011_lowres.pdf) **Liubliana-Eslovenia**
- HSci2012: [http://www.hsci.info/ProceedingsHSCI2012\\_smallsize.pdf](http://www.hsci.info/ProceedingsHSCI2012_smallsize.pdf) **Antalya-Turquía**
- HSci2013: <http://www.hsci2013.info/> **Kosice-Eslovaquia**
- HSci2014: <http://www.hsci2014.info/> **Aveiro-Portugal**
- HSci2015: <http://www.hsci2015.info/> **Madeira-Portugal**
- HSci2016: <http://www.hsci.info/hsci2016/> **Brno-República Checa**



**FÍSICA-ABP**  
**Primeiro curso**  
**6+3 categorías**  
**+200 proxectos**  
**3 idiomas**  
**buscador**  
**+ información**  
**+ comentarios**

Equipo de Aprendizaxe Manipulativo da Física

**Responsable/Administrador:**

JOSÉ BENITO VÁZQUEZ DORRÍO ([bvazquez@uvigo.es](mailto:bvazquez@uvigo.es))

**Membros:**

JAVIER VIJANDE LÓPEZ ([vjijande@uvigo.es](mailto:vjijande@uvigo.es))

MANUEL MARTÍNEZ PIÑEIRO ([manumar@uvigo.es](mailto:manumar@uvigo.es))

RAMÓN FRANCISCO SOTO COSTAS ([rfoto@uvigo.es](mailto:rfoto@uvigo.es))

JESÚS BLANCO GARCÍA ([jblanco@uvigo.es](mailto:jblanco@uvigo.es))

EDUARDO J. VARELA BRAVO ([evarela@uvigo.es](mailto:evarela@uvigo.es))

SALVADOR RODRÍGUEZ MUÑOZ ([salvador@edu.xunta.es](mailto:salvador@edu.xunta.es))





**CARACTERÍSTICAS**

- Navega por nove categorías.
- Elixe entre máis de douscentos proxectos.
- Cambia do galego ao inglés/castelán.
- Atopa o que precises co buscador.
- Tes máis información.
- Xoga con simulacións en liña.
- Aporta as túas ideas; fai comentarios.
- Ponte en contacto connosco.

**EN CADA PROXECTO**

- Descrición xeral.
- Vídeo propio.
- Vídeo en repositorio externo.
- Contexto e fundamentos.
- Qué se pretende?
- Qué se necesita?
- Cómo se fai?
- Qué está pasando?
- Enlaces.
- Palabras chave.
- Os nomes do alumnado.
- E moito máis.





**VANTAXES DO SEU EMPREGO**

- Facilitan a comprensión da ciencia e a tecnoloxía.
- Establecen vínculos entre a ciencia e a realidade.
- Amosan o traballo experimental en funcionamento.
- Desenvolven actitudes máis positivas cara á ciencia.
- Permiten introducir certa perspectiva histórica.
- Son unha importante fonte de motivación.
- Inciden na relación da ciencia coa vida cotiá.
- Amosan a utilidade da ciencia e a tecnoloxía.
- Reforzan as habilidades creativas.

# clickonphysics



## PRESENTACIÓN

Nesta páxina web atoparás unha morea de actividades experimentais sinxelas que ilustran conceptos, principios e leis da Física: electromagnetismo, fluídos, mecánica, ondas, óptica e termodinámica. É o resultado dun Proxecto de Innovación Educativa financiado por a Universidade de Vigo. O material que empregamos provén do traballo do noso alumnado de primeiro curso de Graos en Enxeñaría da Universidade de Vigo. A linguaxe é rigorosa pero próxima posto que está feita por estudantes coma ti e para estudantes coma ti, de ensino secundario, de bacharelato, de primeiros cursos de Graos científico-tecnolóxicos e para calquera persoa que teña interese en aprender facendo ... porque dicir só as cousas non é unha boa maneira de aprender algo ... hai que facelas.





## QUÉ É A LUZ?

Forma de enerxía que se move e transporta información...

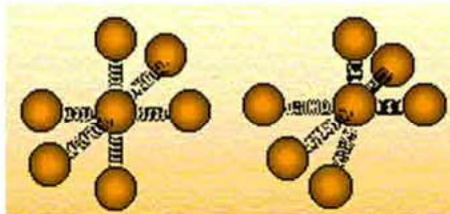
$c = 299\,792\,458$  m/s (baleiro)

Enerxía emitida por cargas eléctricas vibrantes

$V_{\text{AIRE}} = 299\,705\,543$  m/s -  $V_{\text{XEO}} = 228\,849\,205$  m/s

$V_{\text{AUGA}} = 224\,844\,349$  m/s -  $V_{\text{ALCOHOL}} = 220\,435\,631$  m/s

$V_{\text{CUARZO}} = 194\,166\,099$  m/s -  $V_{\text{DIAMANTE}} = 124\,034\,943$  m/s



# ENERXÍA

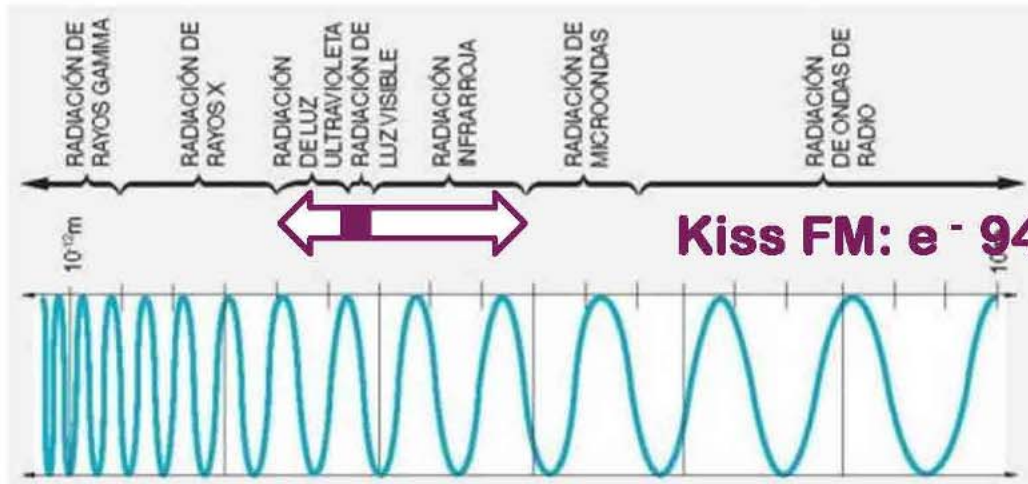


## QUÉ É A LUZ? MODELO ELECTROMAGNÉTICO (Maxwell)

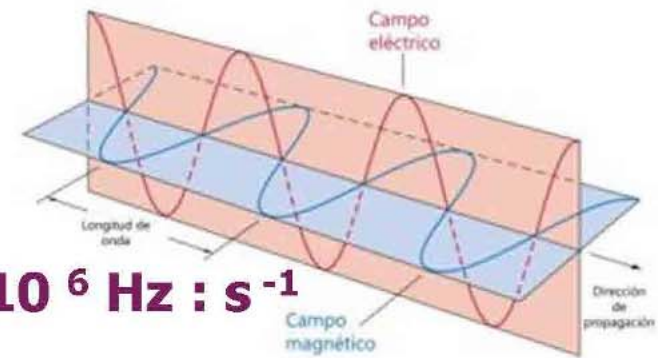
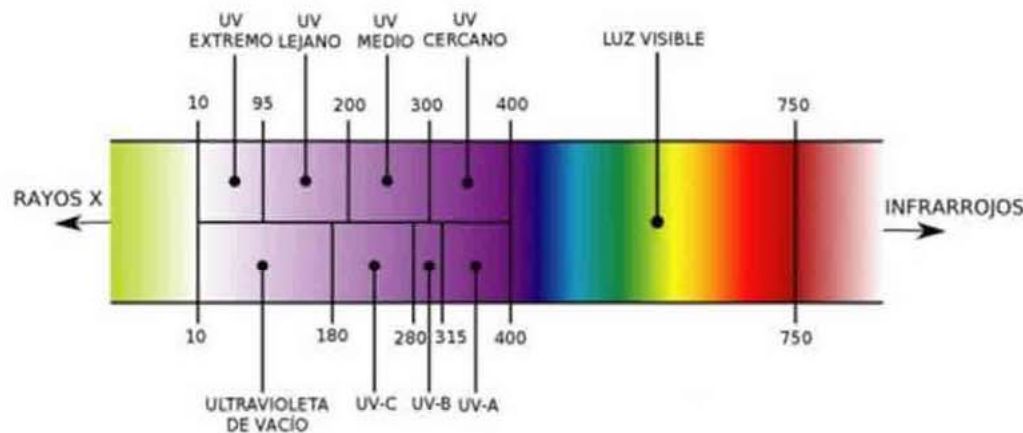
Onda electromagnética: frecuencia  $f$ , periodo  $T$ , lonxitude de onda  $\lambda$

$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$  (baleiro)  $c = \lambda / T = \lambda \cdot f$

Periodo:  $10^{-14} \text{ s}$  vs Detección:  $10^{-4} \text{ s}$



**Kiss FM:  $e^{-94} \cdot 10^6 \text{ Hz} : \text{s}^{-1}$**

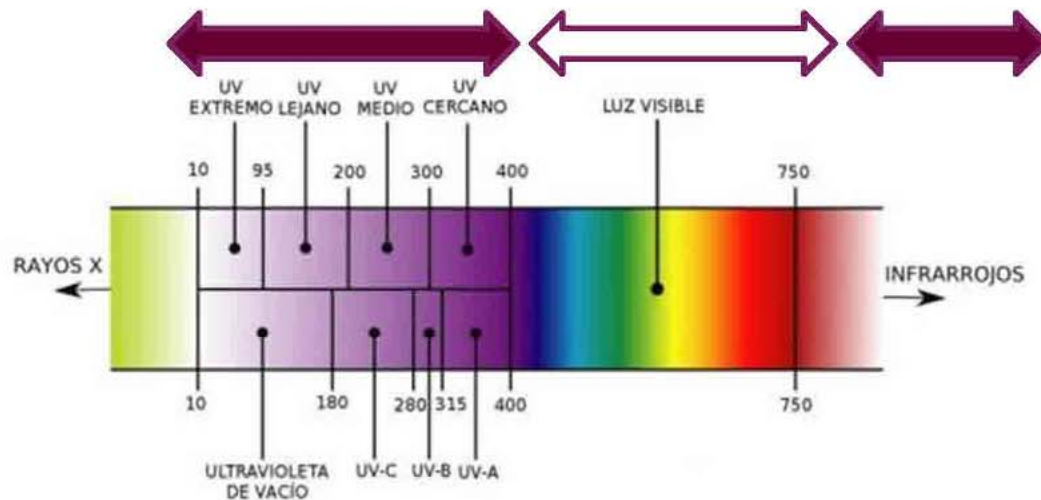




# LUZ BRANCA

## Luz visible

Lonxitude de onda en nanómetros  $10^{-9}$  m



## LUZ INFRAVERMELLA

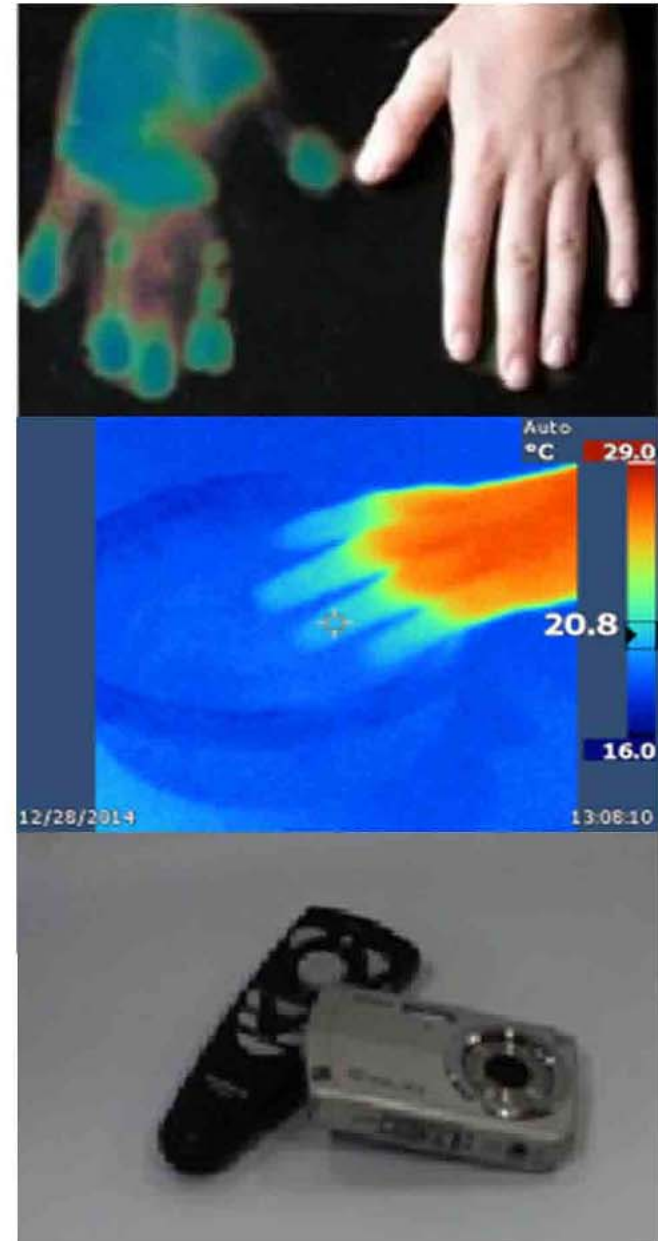
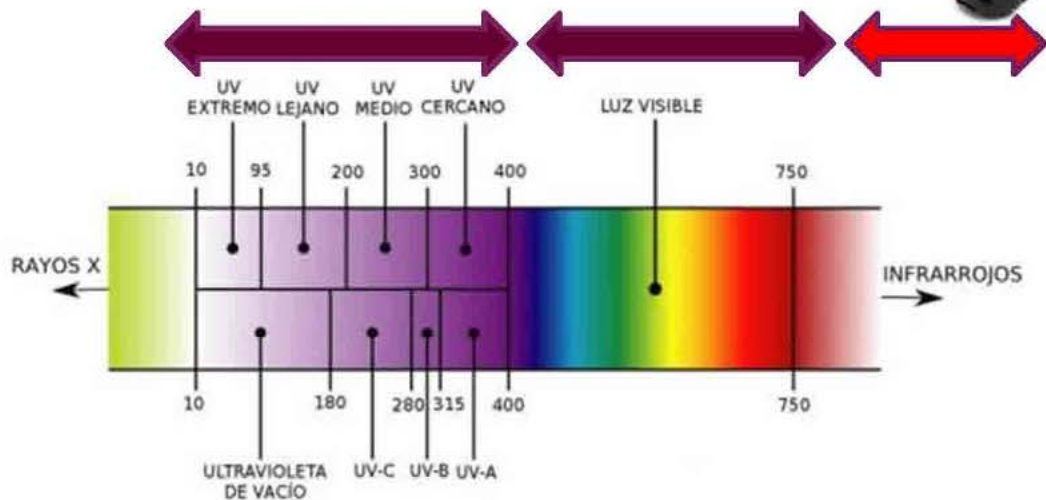
Radiación térmica ( $\sim$  UV+V+IV) Herschel

Longitud de onda en nanómetros  $10^{-9}$  m

$\sim$  750nm-2500nm

Cámara Termográfica

Lámina termosensible





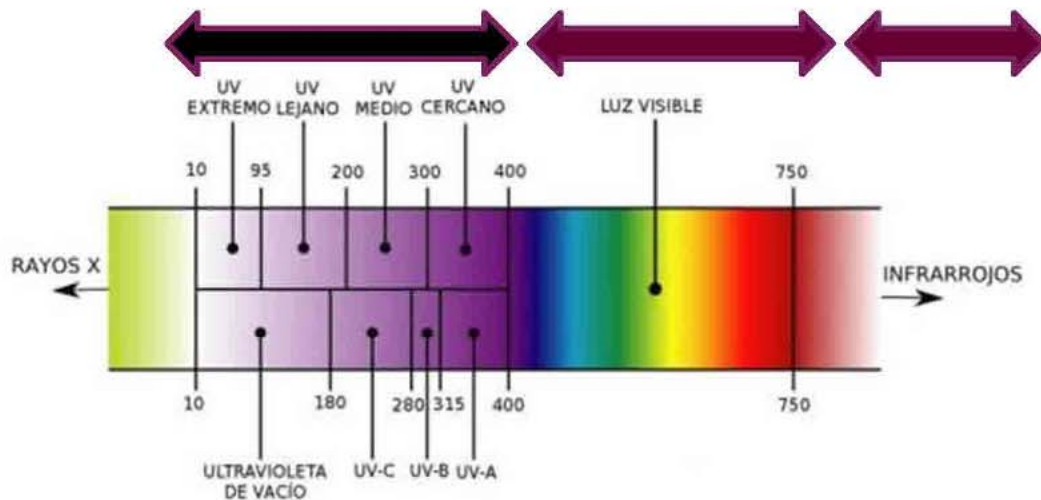
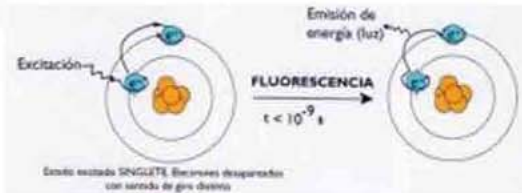
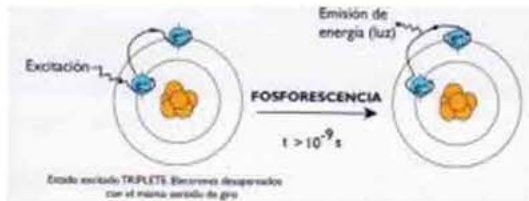
# LUZ ULTRAVIOLETA

Luz negra-Luz fría

Lonxitude de onda en nanómetros  $10^{-9}$  m

~15nm-380nm

Fluorescencia vs Fosforescencia



## QUÉ É A LUZ? MODELO CUÁNTICO

Partícula (*Onda*): Fotón

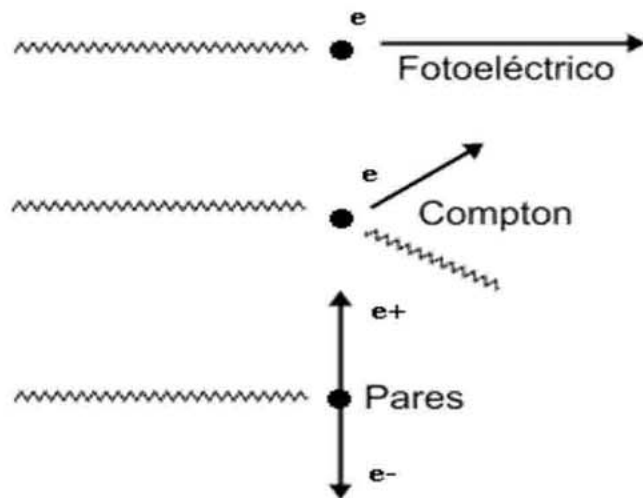
$$E = h f \sim \underline{400} \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$h = 6.62606896 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s (Planck)}$$

De Broglie (1925)

$$\lambda = h / m \times v$$

$$70 \text{ kg @ } 1 \text{ m/s } (\sim 10^{-35} \text{ m}) \quad 5 \times 10^{-11} \text{ m}$$



### Radiómetro de Crookes 1875

Reynolds, Dewar, Tait, Stoney, Schuster, Maxwell, Knudsen, Hettner, Einstein, ...





## PROPAGACIÓN DA LUZ

Raios

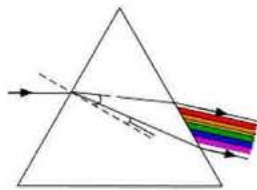
Índice de refracción  $n = c/v \sim cte$

$n = f(\lambda)$  no  $cte$ : arcoiris

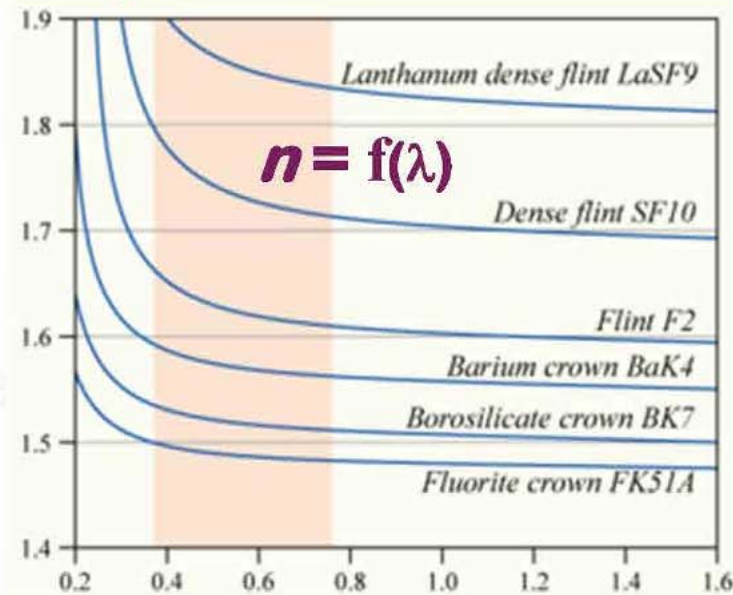
Pyrex

[486.1nm: 1.479; 643.8nm:1.472]

Aceite Johnsons para nenos



Índice de refracción



Lonxitude de onda (μm)



# PROPAGACIÓN DA LUZ

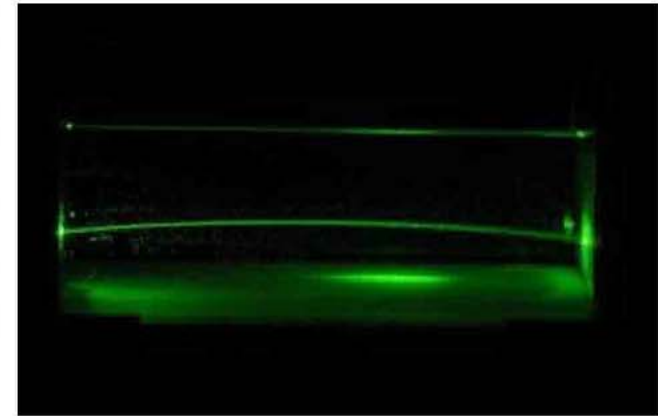
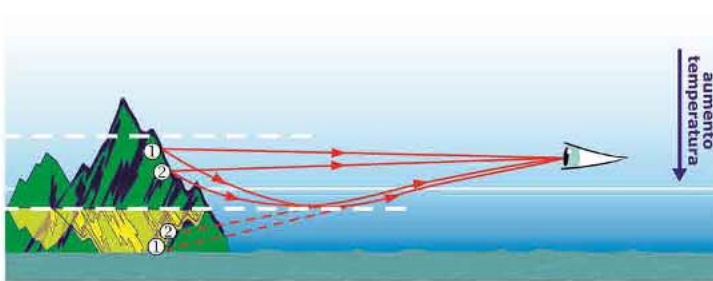
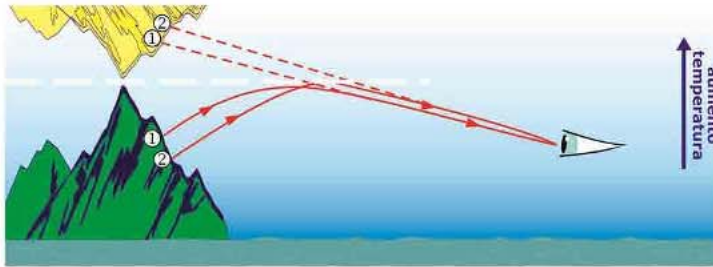
## Raios

### Principio de Fermat

### *Tempo mínimo*

### *Espellismos*

### *Castelos no ar: Fata Morgana*





# PROPAGACIÓN DA LUZ

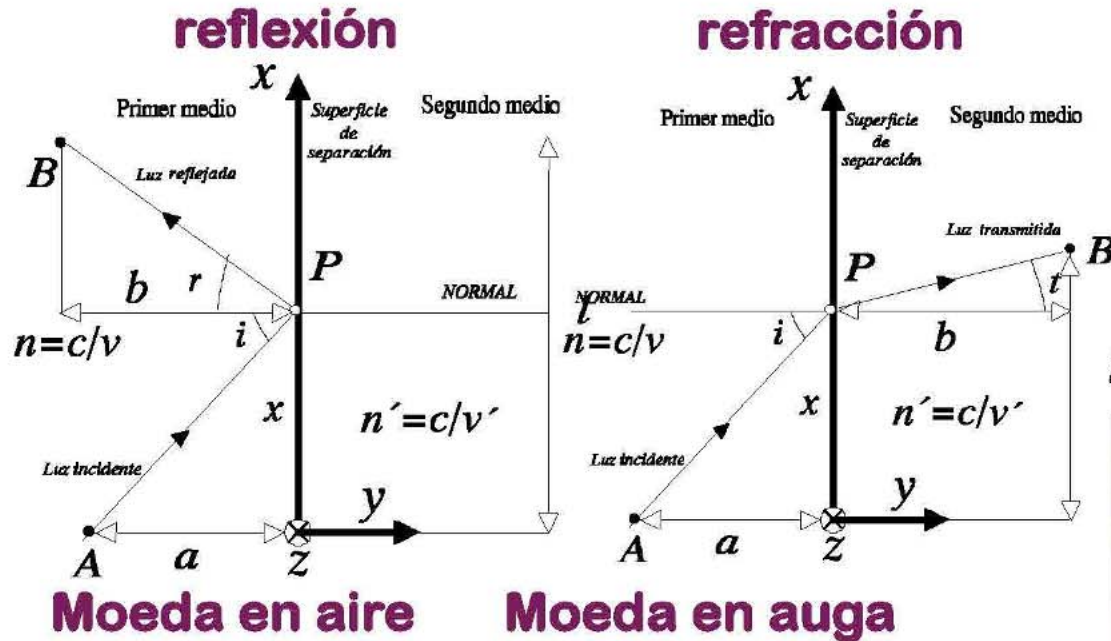
## Raios

### Snell: reflexión e refracción

$$n \text{sen } i = n' \text{sen } t$$

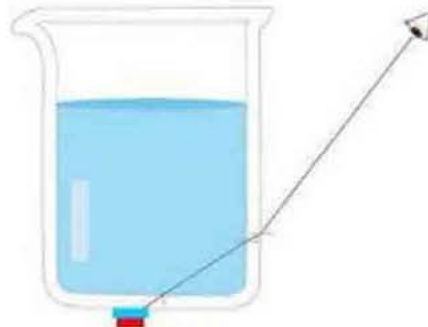
reflexión = refracción

$$n = -n'$$



Moeda en aire

Moeda en auga



## PROPAGACIÓN DA LUZ

### Raios

Snell: reflexión e refracción

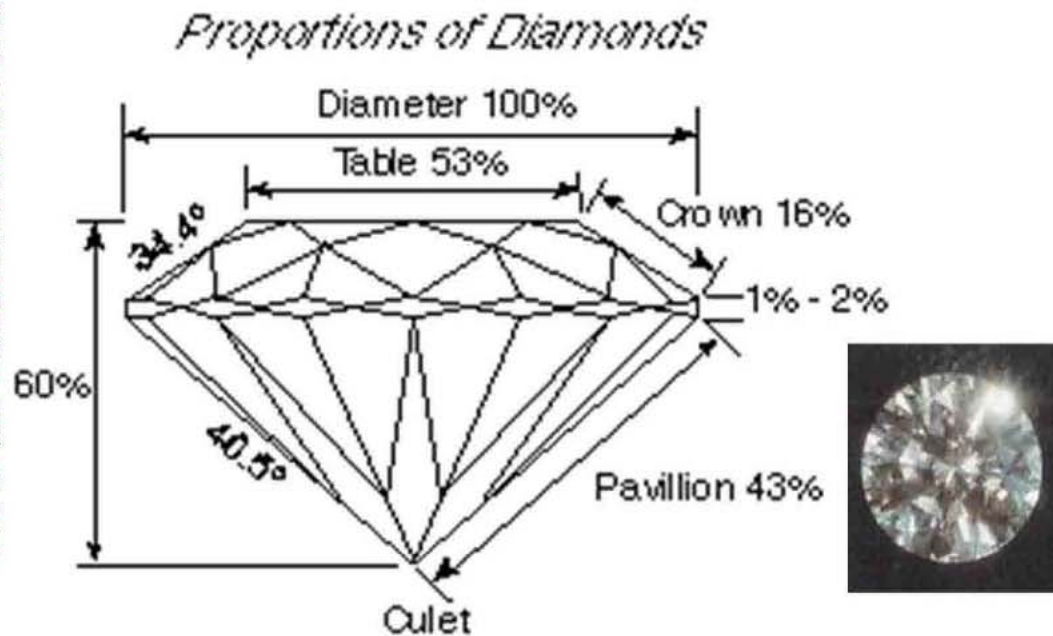
Reflexión total si  $n > n'$ , refracción?

**Diamante**

$$n = n_{\text{diamante}} = 2.42 > n' = n_{\text{aire}} = 1.0$$

$$i_{\text{crítico}} = \arcsen \frac{n'}{n} = 24.41^\circ$$

$$n \text{sen } i = n' \text{sen } t$$



*American ideal cut diamond (round).*





## PROPAGACIÓN DA LUZ

### Raios

### Snell: reflexión e refracción

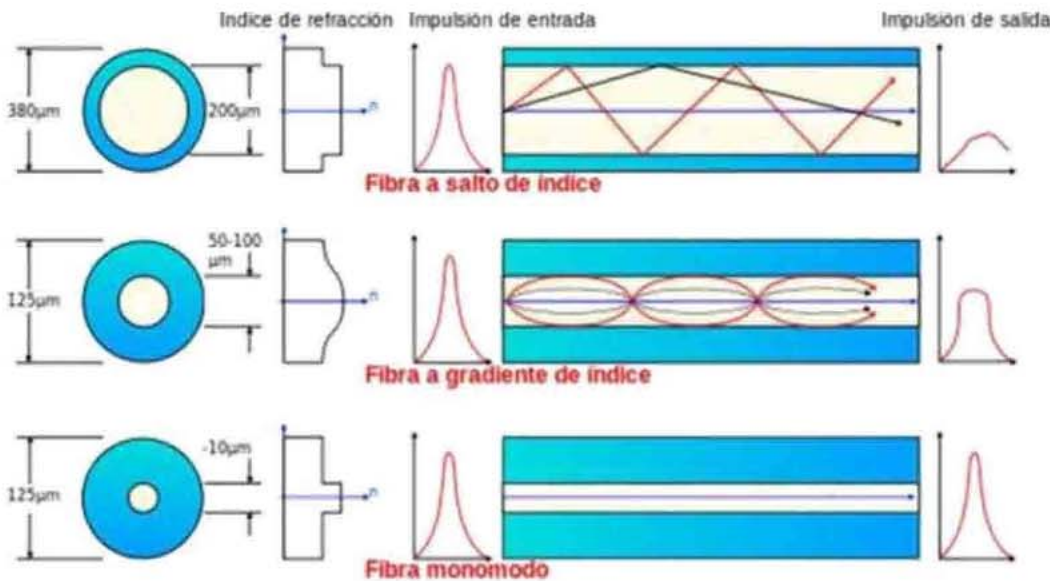
### Reflexión total si $n > n'$ , refracción?

### Fibra óptica

$$n \operatorname{sen} i = n' \operatorname{sen} t$$

$$n = n_{\text{vidrio}} = 1.5 > n' = n_{\text{aire}} = 1.0$$

$$i_{\text{crítico}} = \operatorname{arcsen} \frac{n'}{n} = 41.81^\circ$$



## PROPAGACIÓN DA LUZ

### Raios

### Snell: reflexión e refracción

### Reflexión total si $n > n'$ , refracción?

### Fonte de auga

$$n = n_{\text{auga}} = 1.3 > n' = n_{\text{aire}} = 1.0$$

$$i_{\text{crítico}} = \arcsen \frac{n'}{n} = 50.28^\circ$$

$$n \sen i = n' \sen t$$



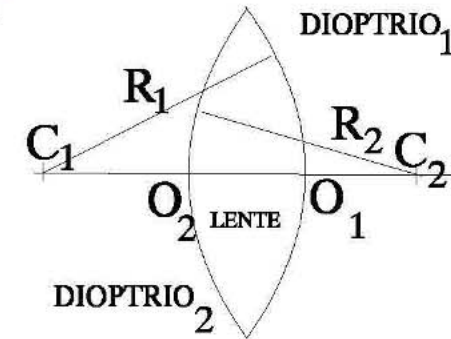
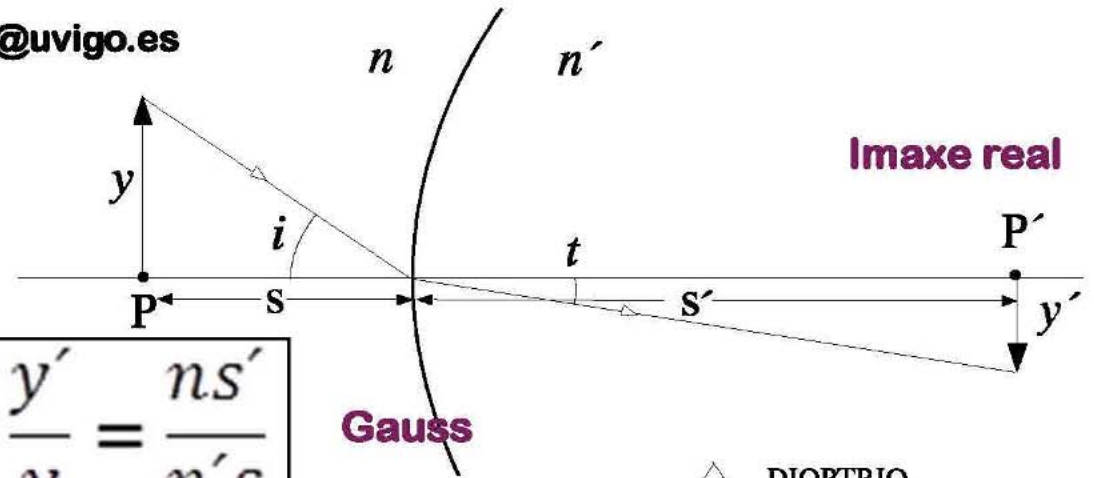


## DIOPTRIO

### Dioptrio plano

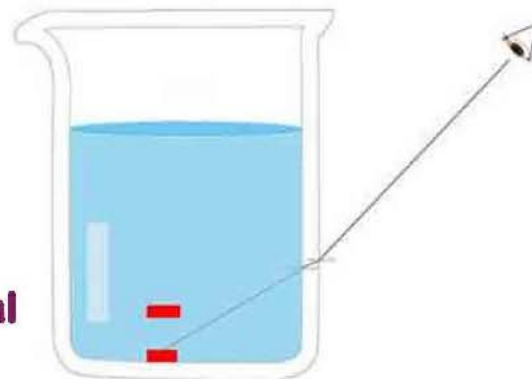
$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \beta = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = 0 \rightarrow s' = \frac{n'}{n}s; \beta = 1 \quad (R=\infty)$$



### Ctesibio (III aC)

$$n=1.33 > n'=1.00 \rightarrow s > s'$$



Imaxe virtual e igual

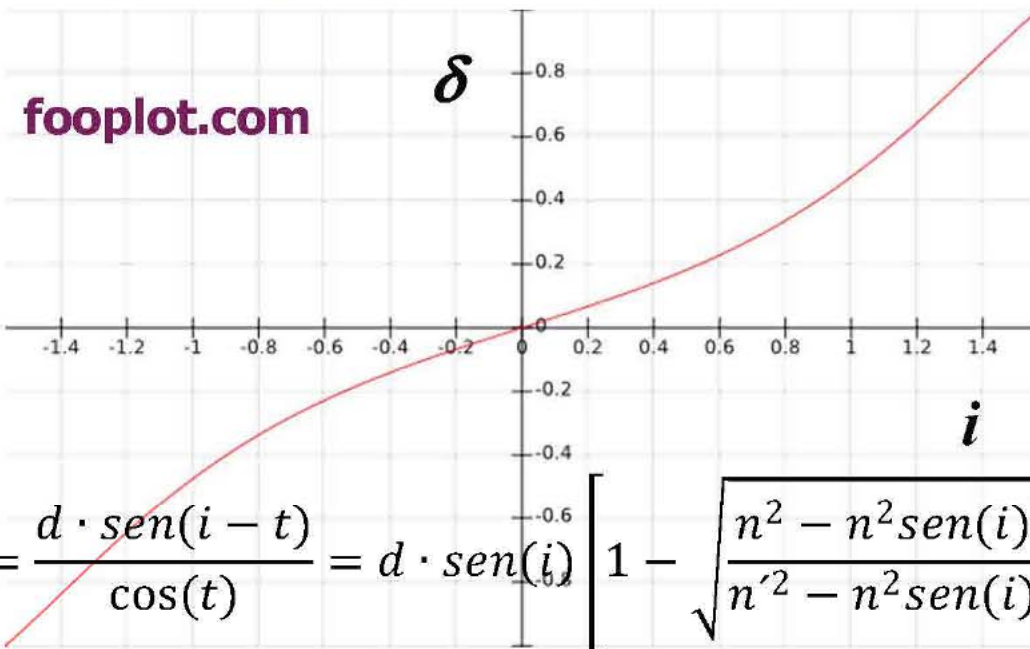
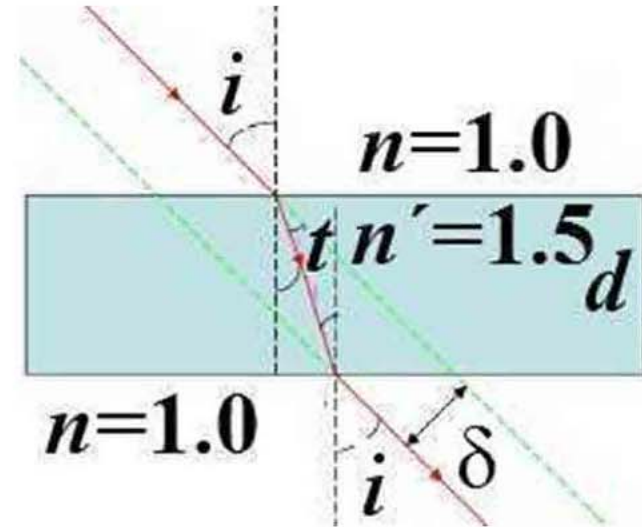
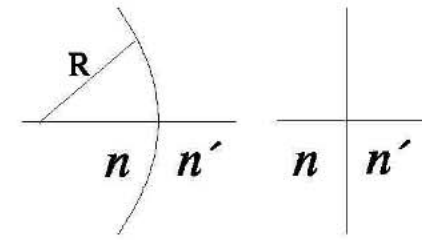


## DIOPTRIO

**Dioptrio plano + Dioptrio plano = Ventá**

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \beta = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = 0 \rightarrow s' = \frac{n'}{n}s; \beta = 1 \quad (R=\infty)$$



$$\delta = \frac{d \cdot \text{sen}(i - t)}{\cos(t)} = d \cdot \text{sen}(i) \left[ 1 - \sqrt{\frac{n^2 - n'^2 \text{sen}(i)^2}{n'^2 - n^2 \text{sen}(i)^2}} \right]$$





## DIOPTRIO

Espello plano ( $R=\infty; n=-n'$ )

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \beta = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

$$\frac{n}{s'} - \frac{n}{s} = 0 \rightarrow s = -s'; \beta = 1$$

$(R=\infty)$

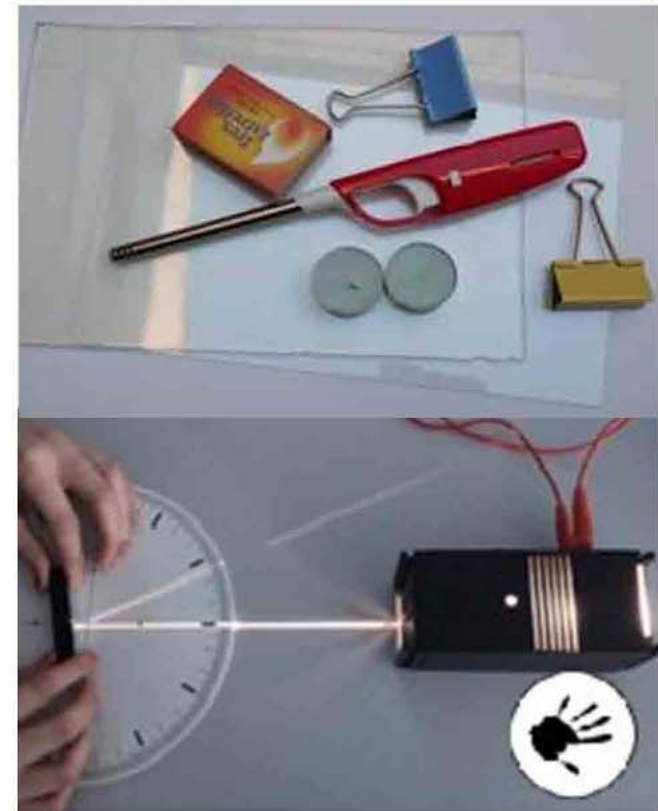
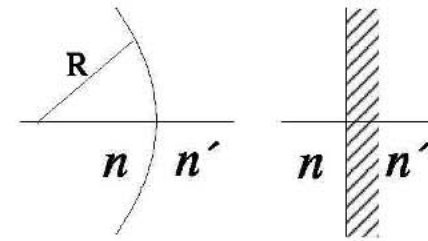
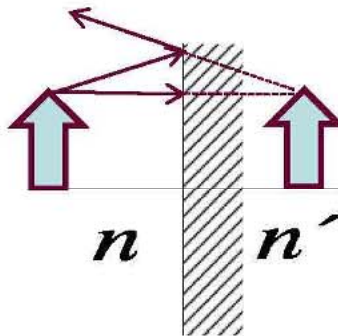
Ao mesmo tempo...

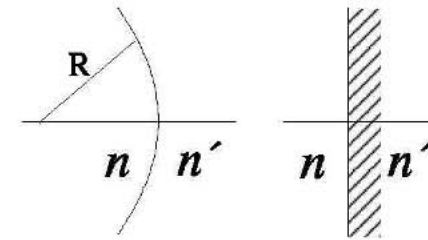
Coeficientes de reflexión e transmisión

Cristal:  $r=0.20$   $t=0.80$

Espello:  $r=0.92$ ;  $t=0.08$

Imaxe virtual e igual





## DIOPTRIO

**Espello plano ( $R=\infty; n=-n'$ )**

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \beta = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

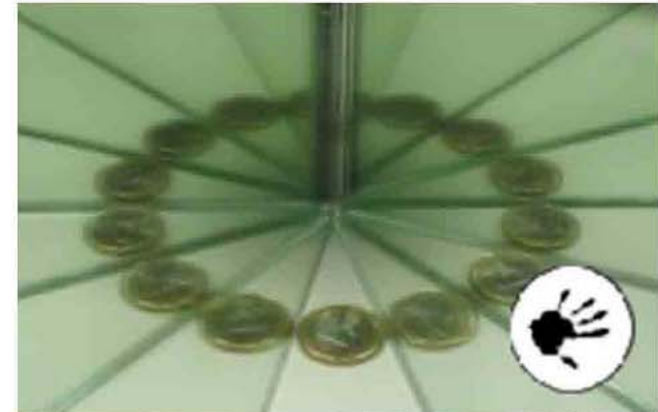
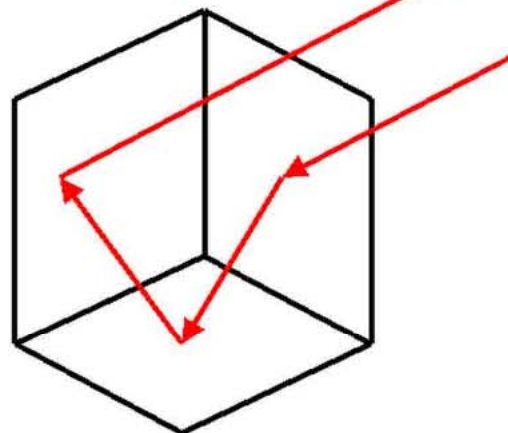
$$\frac{n}{s'} - \frac{n}{s} = 0 \rightarrow s = -s'; \beta = 1$$

$(R=\infty)$

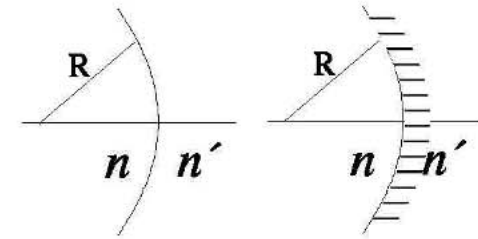
**Espellos en ángulo**  
**Caleidoscopio ( $60^\circ$ : 5)**

**Reflexos nun cubo**  
**Apollo XIV**

$$N_{\text{reflexos}} = \text{Enteiro} \left\{ \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \right\}$$





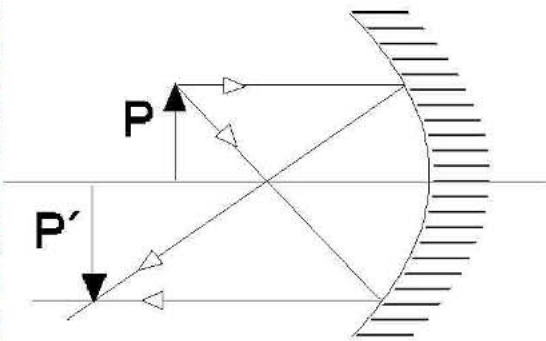


## DIOPTRIO

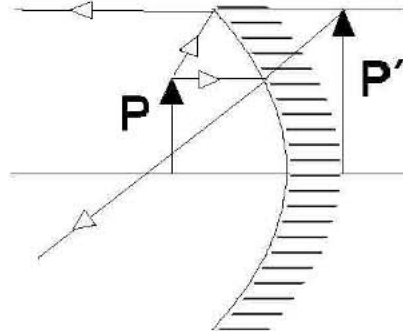
### Espello esférico ( $n = -n'$ )

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \quad \beta = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \rightarrow \beta = -\frac{s'}{s}$$



Imaxe real e maior



Imaxe virtual e maior



**DIOPTRIO****Dous Espellos esféricos**

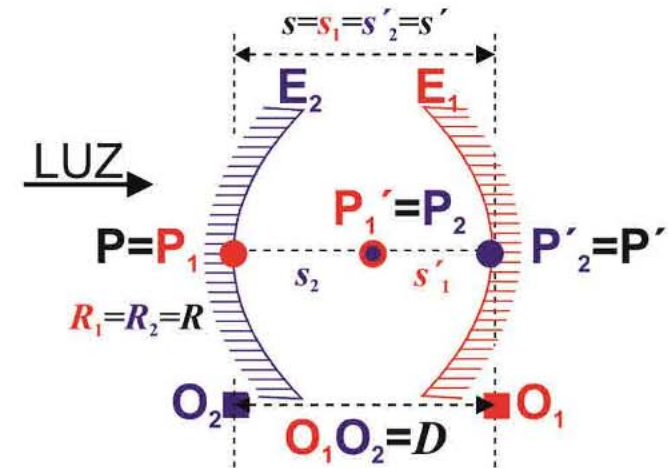
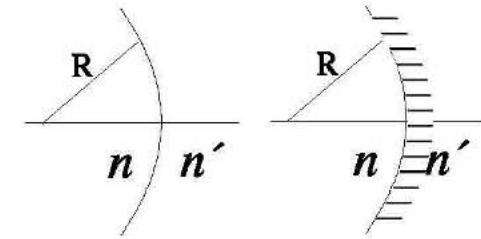
$$s' = \frac{s \cdot R}{2 \cdot s - R}$$

$$s'_1 = \frac{D \cdot R}{R - 2 \cdot D}$$

$$s'_2 = \frac{2 \cdot D \cdot R^2 - 2 \cdot R \cdot D^2}{4 \cdot D^2 - 6 \cdot D \cdot R + R^2}$$

$$4 \cdot D^2 - 8 \cdot D \cdot R + 3R^2 = 0$$

$$D = 0.5R; 1.5R$$



**Imaxe real e igual**

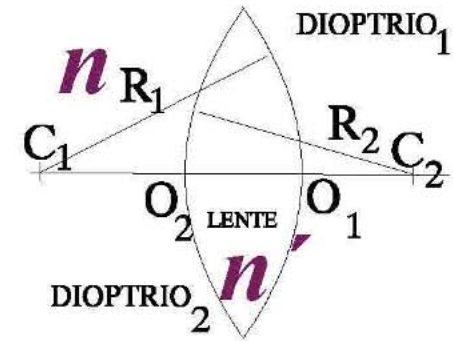




**LENTE GROSA**  
**LENTE DELGADA ( $O_1O_2 \ll$ )**

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

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \quad \beta = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}$$

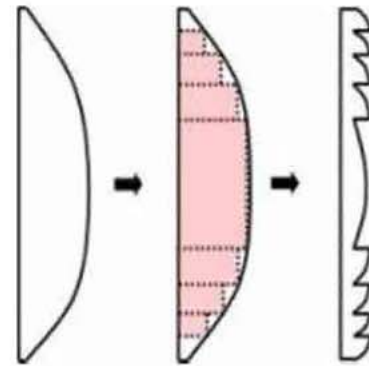
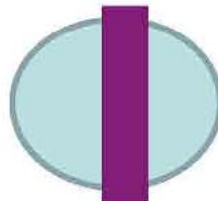
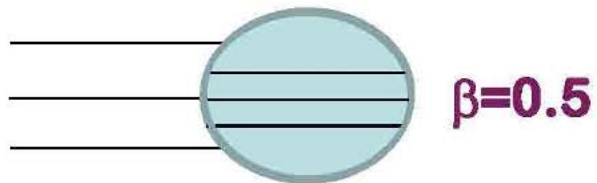


## LENTE COMESTÍBEL LENTE FRESNEL

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

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \quad \beta = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}$$

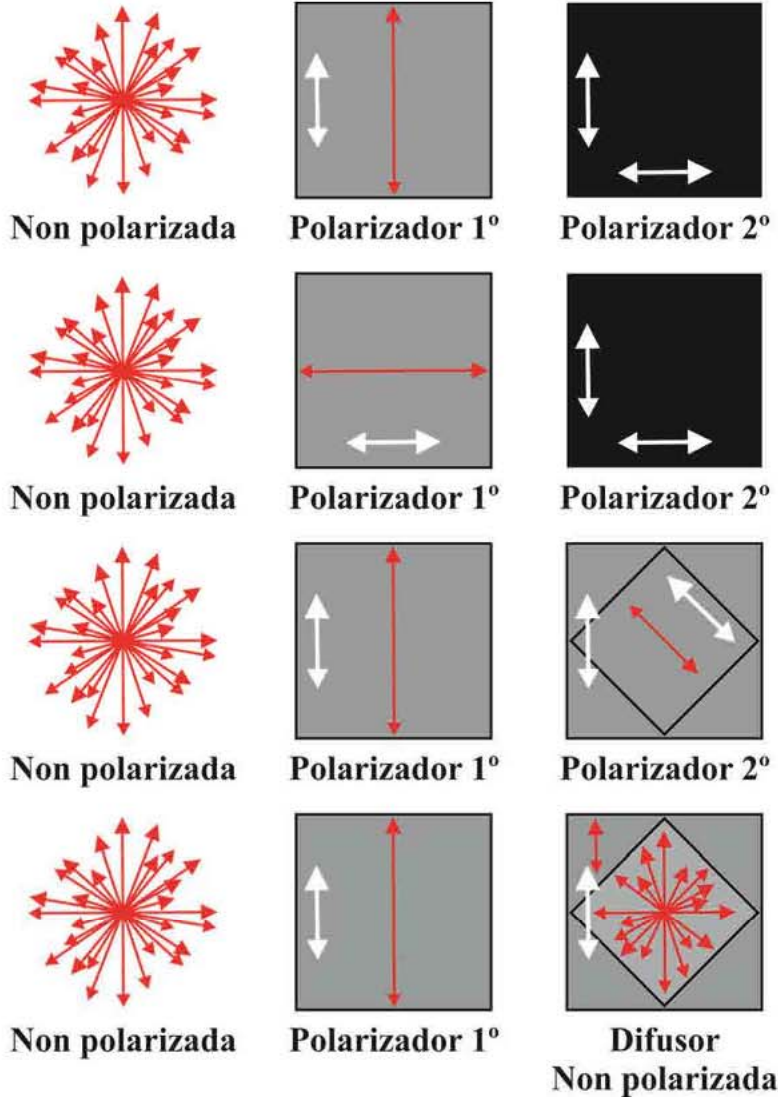
$$f' = \frac{f_1' \cdot f_2'}{f_1' + f_2' - e}$$



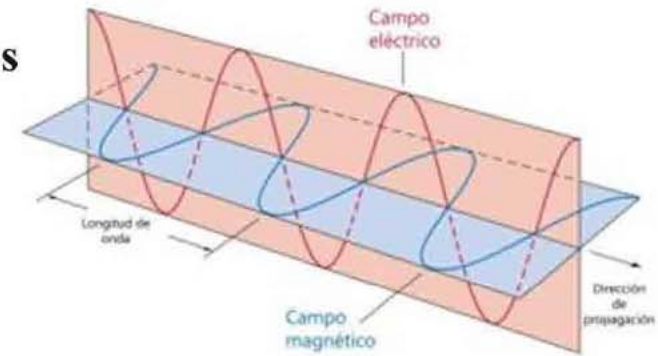


# POLARIZACIÓN

## Dirección da perturbación



**Ley de Malus**  
 $I = I_0 \cos^2 \theta$



## POLARIZACIÓN

Dirección da perturbación

Polarización por transmisión

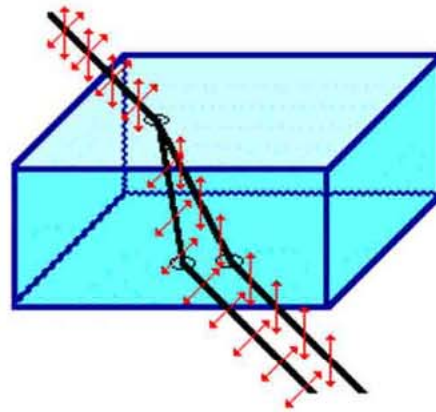
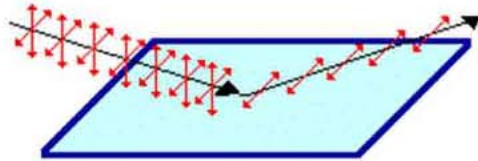
Polarización por reflexión

Polarización por dispersión

Polarización por refracción

Birrefrinxencia  $\neq n \neq$  direccións

Birrefrinxencia baixo tensión



n=1.4864 p

n=1.6584 s





## **POLARIZACIÓN**

**Dirección da perturbación**

**Polarización por transmisión**

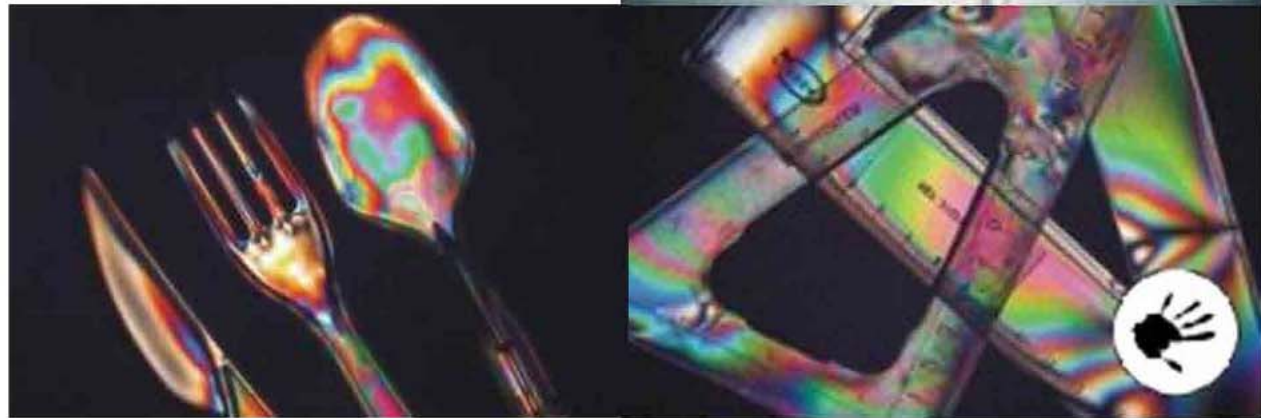
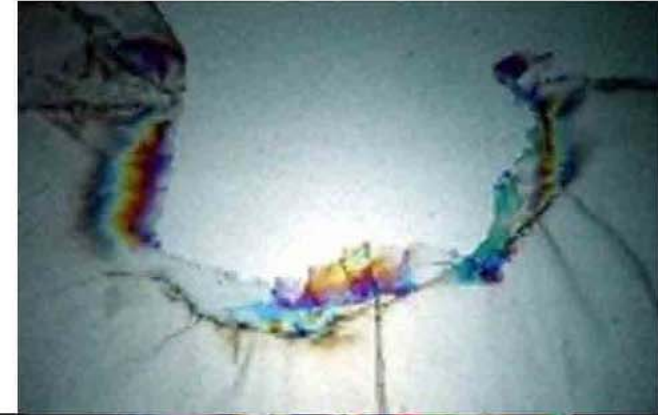
**Polarización por reflexión**

**Polarización por dispersión**

**Polarización por refracción**

**Birrefrinxencia  $\neq n \neq$  direccións**

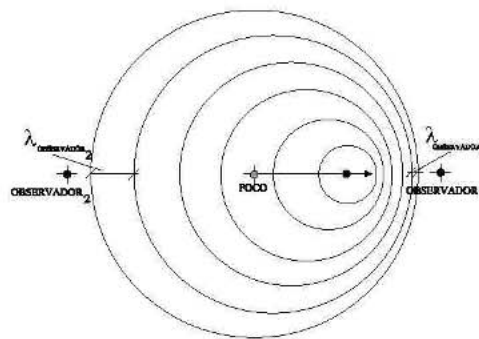
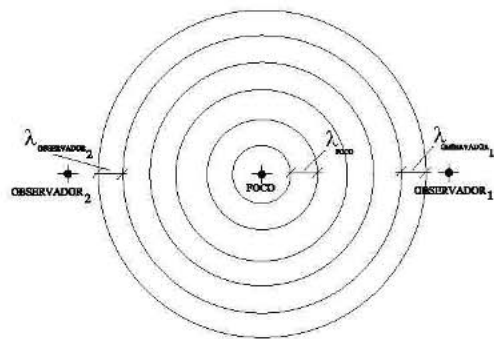
**Birrefrinxencia baixo tensión**



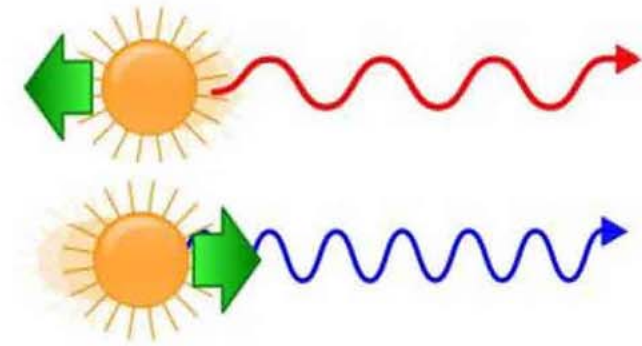
## CAMBIO DE FRECUENCIA

$$c = \lambda / T = \lambda \cdot f$$

### Doppler

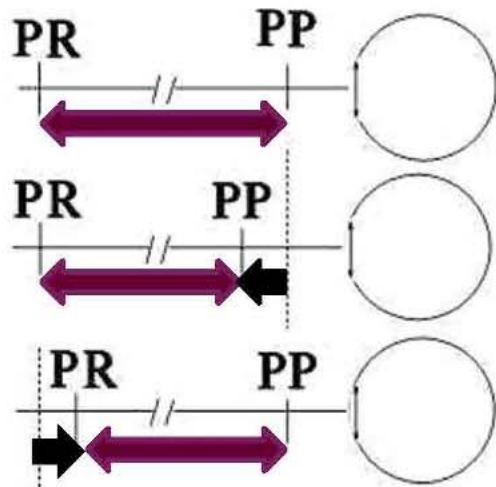
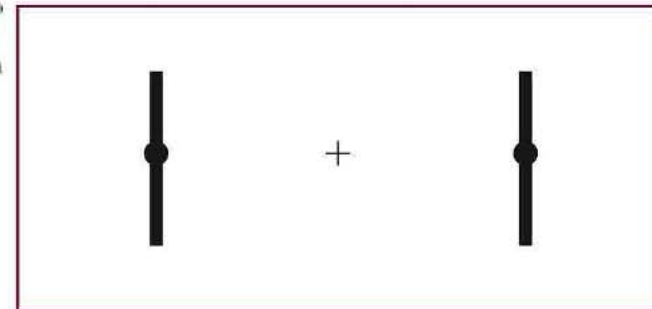
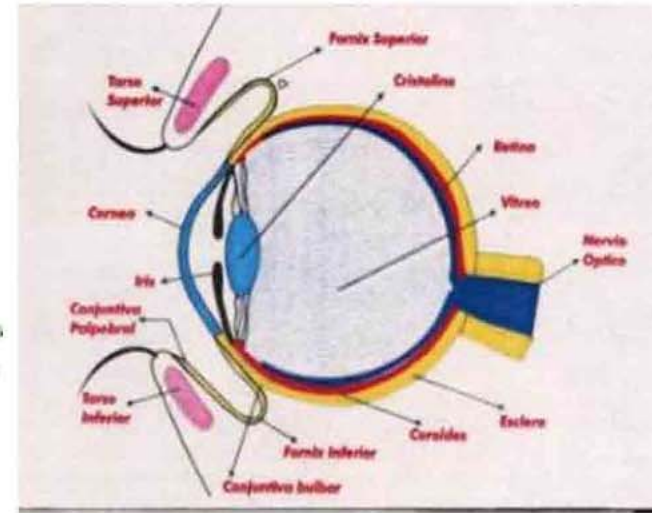
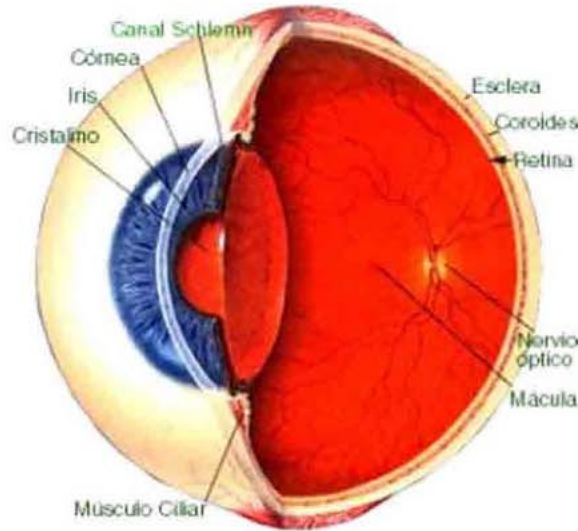


$$f_{\text{OBSERVADOR}} = \frac{v - v_{\text{OBSERVADOR}}}{v - v_{\text{FOCO}}} f_{\text{FOCO}}$$





- OLLO**
- Descrición**
- Iris**
- Córnea**
- Cristalino**
- Retina**
- Fóvea-Punto cego**
- Punto Próximo**
- Punto Remoto**



**NORMAL**

**HIPERMÉTROPE**

**Ben de lonxe-Farsighted**

**MIOPE**

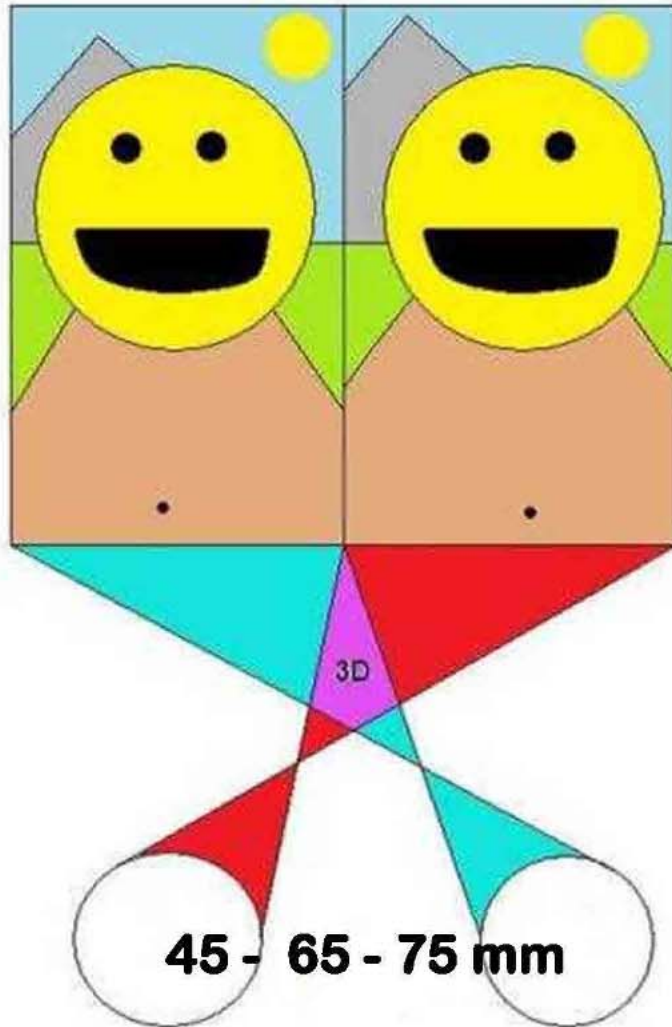
**Ben de cerca-Nearsighted**

$f' = 2.5\text{cm}$



# OLLO

## Visión estereoscópica



IZQ DRCH



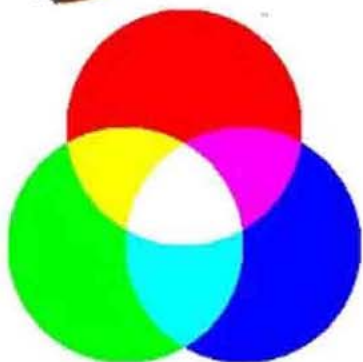
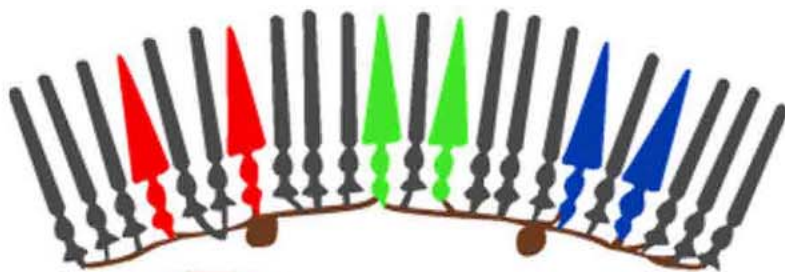


# OLLO

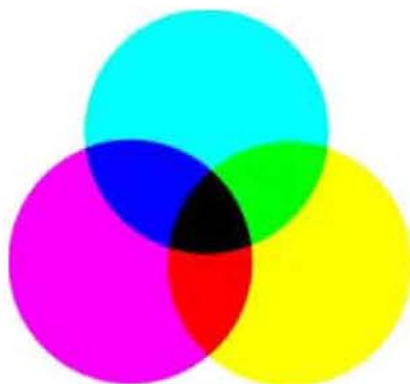
Conos e bastóns

Latencia: tempo resposta  $R > G > B$

Persistencia: tempo sen estímulo  $R < G < B$



Mestura por adición  
RGB



Mestura por substración  
CMYK



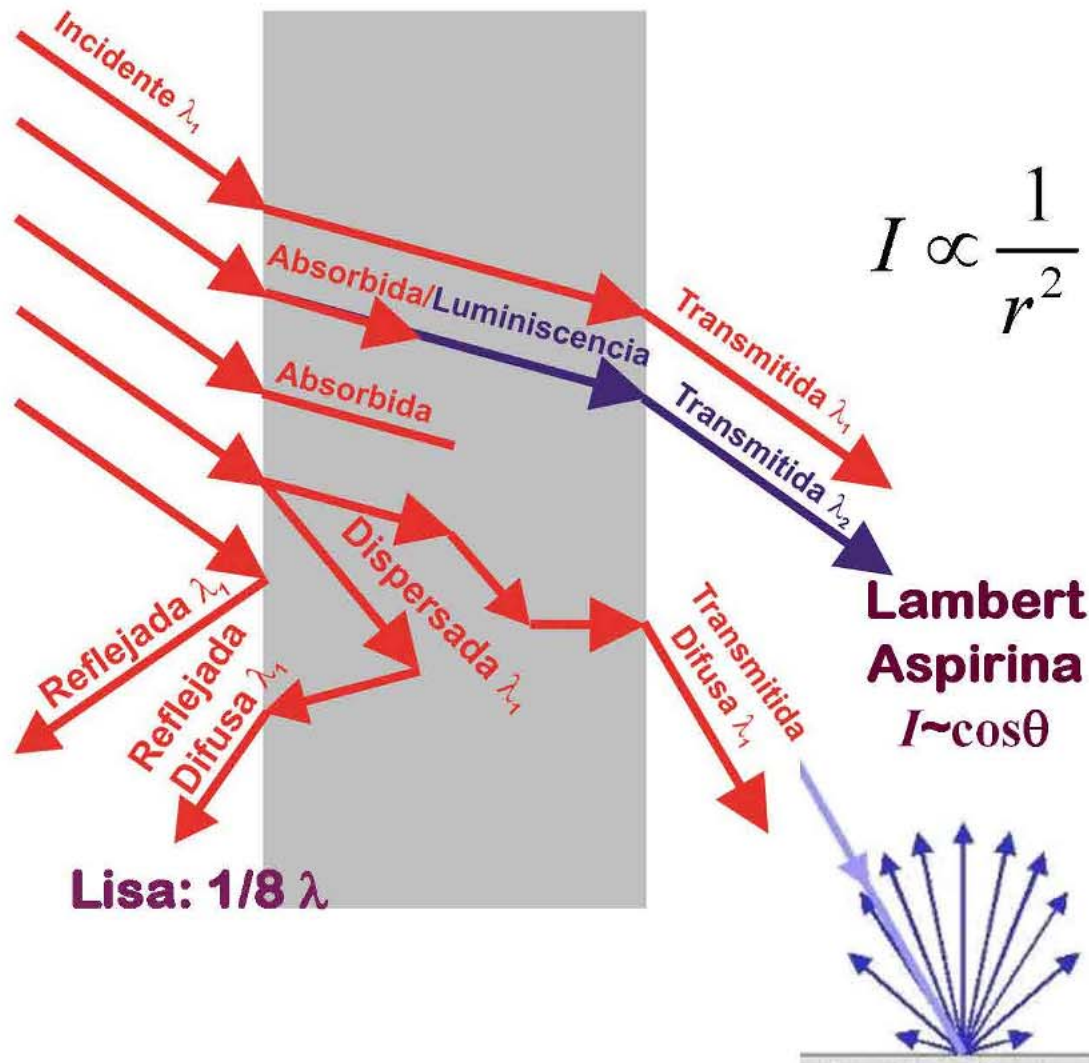
Benham





# INTERACCIÓN DA LUZ COA MATERIA

## Atenuación: no interacción ~ reparto



2cm: 4 - 4cm: 16 - 8cm: 64



## INTERACCIÓN DA LUZ COA MATERIA

### Absorción

### Auga de mar 80m

### Beer-Lambert

$$I = I_0 e^{-\beta r}$$

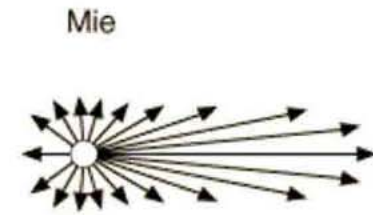
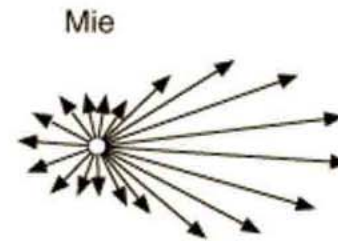
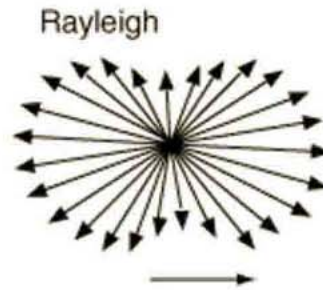


# INTERACCIÓN DA LUZ COA MATERIA

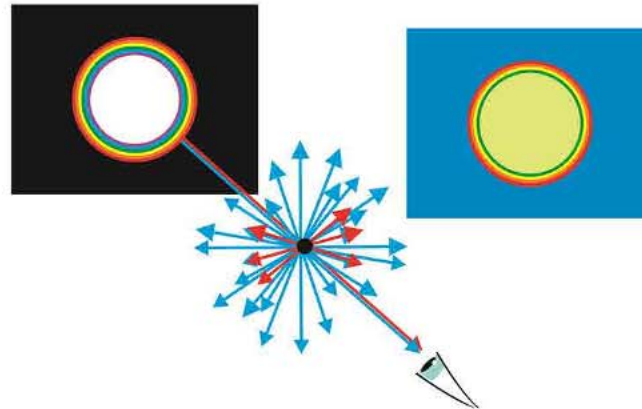
## Dispersión Rayleigh-Mie

$$I \sim \lambda^{-4}$$

$$\frac{\text{Azul}}{\text{Rojo}} = \frac{450^{-4}}{750^{-4}} = 7,71$$



- ~ 380-450 nm
- ~ 450-495 nm
- ~ 495-570 nm
- ~ 570-590 nm
- ~ 590-620 nm
- ~ 620-750 nm





## INTERACCIÓN DA LUZ COA LUZ

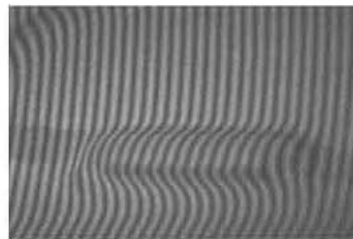
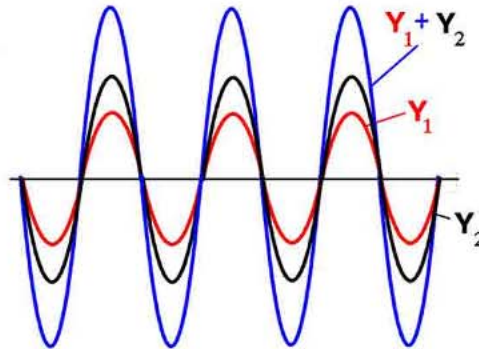
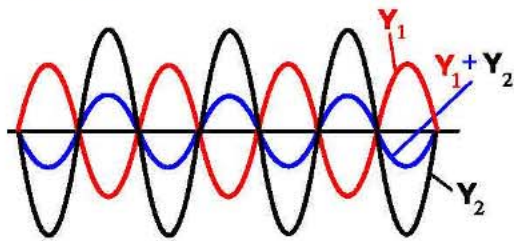
Unha pedra non comparte espazo cunha pedra... a luz sí

Interferencia: Fase e intensidade

Constructiva: +luz

Destructiva: -luz

Pulso



$h \sim N\lambda/2n$   
(Newton)



## INTERACCIÓN DA LUZ COA LUZ

### Interferencia

### Young (1801)

$$I_p \propto A_p^2 = 4A^2 \cos^2 \left[ \frac{kdx}{2D} \right] = 4A^2 \cos^2 \left[ \frac{\pi dx}{\lambda D} \right]$$

$$\frac{\pi dx}{D\lambda} = n\pi \Rightarrow x_{\max} = \frac{nD\lambda}{d}$$

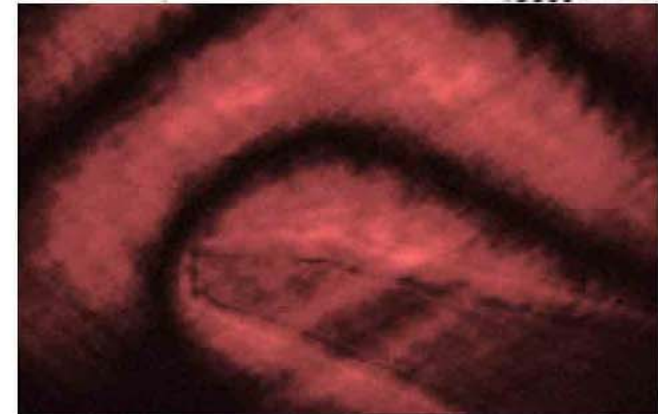
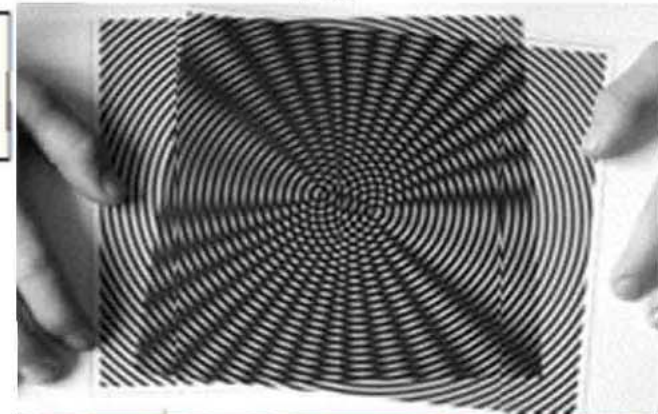
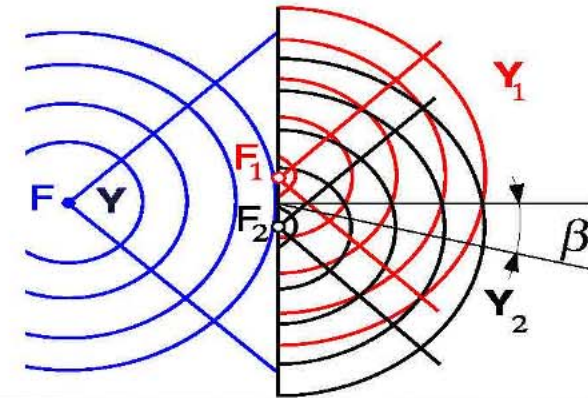
$$\frac{\pi dx}{D\lambda} = \frac{2n+1}{2} \pi \Rightarrow x_{\min} = \frac{2n+1}{2d} D\lambda$$

**Michelson (1881)**

**Eter**

**Medida espectro**

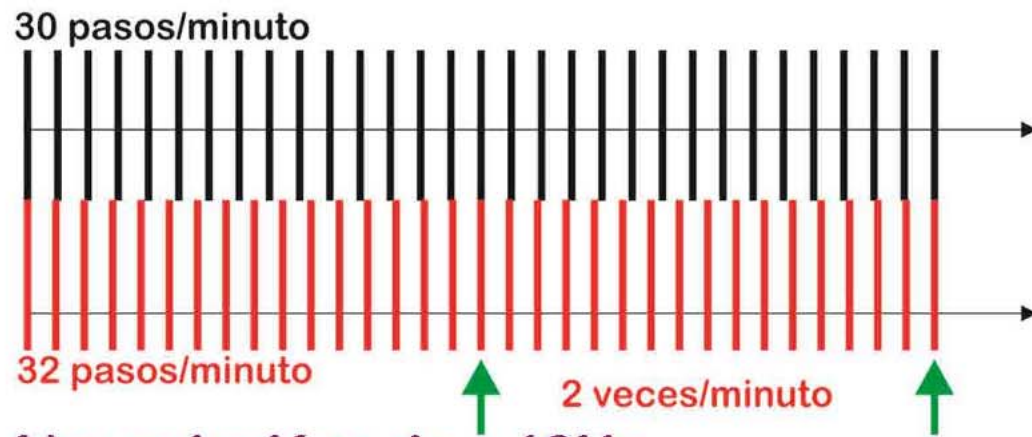
**Definición do metro**



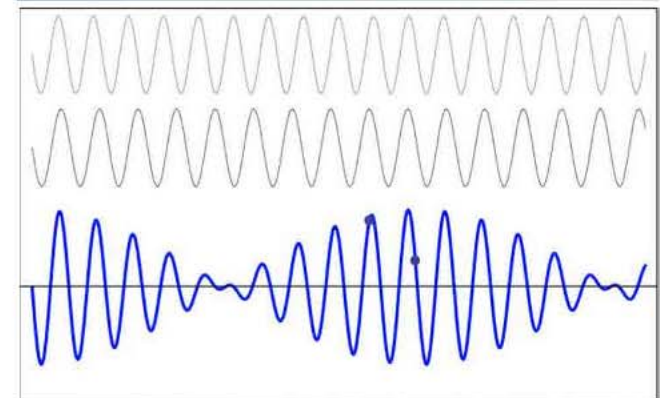
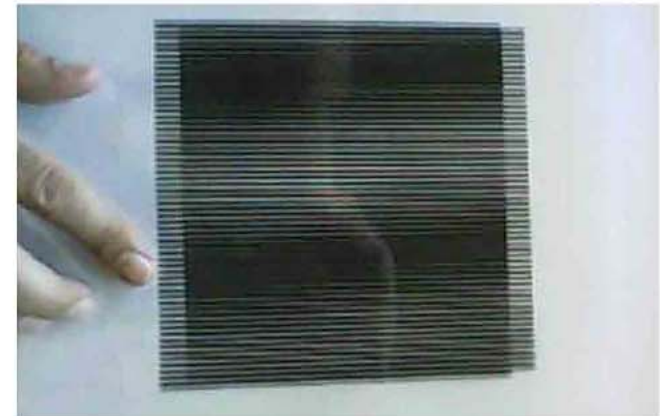
# INTERACCIÓN DA LUZ COA LUZ

## Interferencia

Pulso  $\sim \neq \lambda$



Ata variacións de  $\sim 10\text{Hz}$





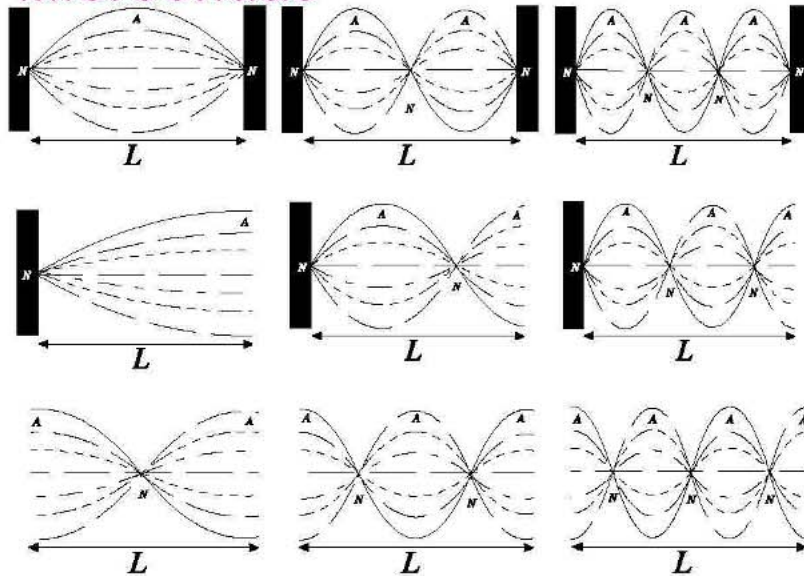
## INTERACCIÓN DA LUZ COA LUZ

Onda estacionaria

Láser

Música

Microondas



$$c = \lambda / T = \lambda \cdot f$$

$$f = 2,4 \text{ GHz} = 24.000.000.000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = 0.12 \text{ m}$$

$$c = 288\,000\,000 \text{ m/s (microondas)}$$

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

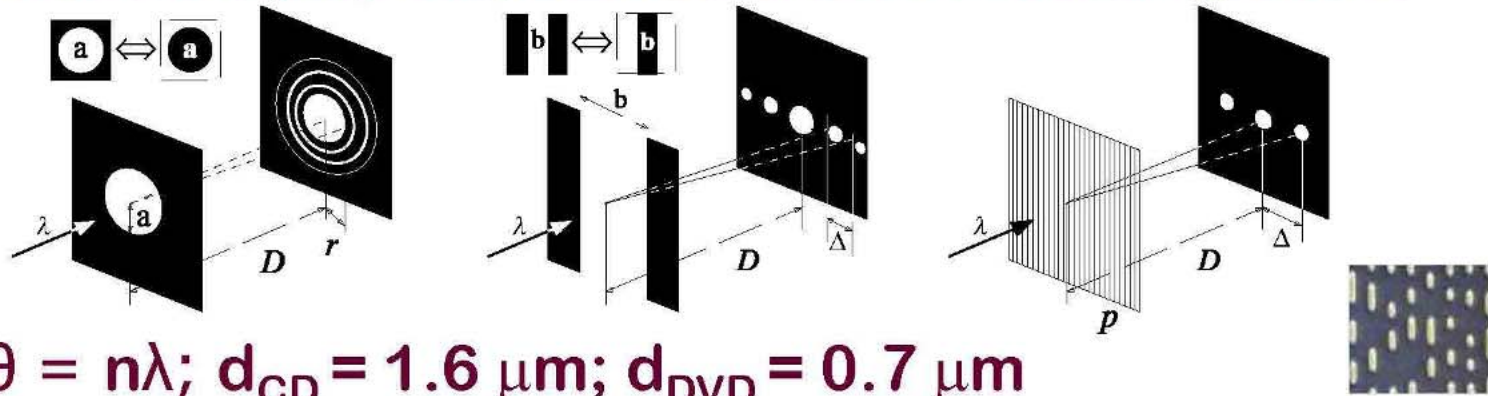
$$L = \frac{n\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n} \Rightarrow f = \frac{nv}{2L}$$



## INTERACCIÓN DA LUZ COA LUZ

Difracción: desviación  $\neq$  reflexión/refracción  $\sim \lambda$

Si a apertura faise pequena, a área brillante será máis grande !



$$d \sin \theta = n\lambda; d_{CD} = 1.6 \mu\text{m}; d_{DVD} = 0.7 \mu\text{m}$$



Formación. Información. Procesado.





# Recursos

2004

UNA PROPUESTA PRÁCTICA E INTERACTIVA

## La Física, mejor con las manos

Un grupo de profesores de la Universidad coordina un programa europeo para mejorar la enseñanza de la Ciencia



El profesor e investigador Benito Vázquez Dorrió. J. D.

Los principios y leyes de la Física se comprenden mejor y son más atractivos para quienes han de estudiarlos si se pueden tocar con las manos y conocer su aplicación a la vida cotidiana. De tal premisa, con larga tradición en la docencia científica de los países anglosajones y poco asumida en Europa, parte la red comunitaria "Hands of Science" (manos de la Ciencia), en la que participa activamente un grupo de profesores de Física Aplicada de la Universidad de Vigo, que ha asumido la coordinación en España.

El grupo, integrado por los profesores Benito Vázquez Dorrió, como coordinador, Ramón Soto y Jorge Arias, todos ellos formados y doctores en Física por la Universidad de Vigo, tiene

desde hace un año la responsabilidad de desarrollar herramientas reales o virtuales, a modo de experimentos asequibles que permitan a los alumnos tocar con sus propias manos o fabricar útiles que expliquen conceptos de la Física más complicados de comprender con una mera presentación teórica.

Además de experiencias manipulativas que se pueden reali-

zar tanto dentro como fuera del aula, el grupo vigués desarrolla otras herramientas docentes de carácter virtual, como pequeños programas de Java o laboratorios virtuales en línea.

Así, por ejemplo, elaboran material real para las semanas de la ciencia que también organizan, como pequeños módulos interactivos que se puedan manipular y que expliquen concep-

tos mecánicos, térmicos o eléctricos. En el caso de una "batería humana", es decir, "dos placas de diferente metal que, si se tocan, generan una pequeña tensión que se puede ver con un polímetro", explica Benito Vázquez Dorrió.

Asimismo, el grupo vigués se encarga de la organización de cursos para profesorado y actividades en centros de enseñanza para promover el uso de las nuevas herramientas docentes.

Por ejemplo, el pasado año promovieron semanas de la Ciencia en tres institutos de la provincia: "A Xunqueira", en Pontevedra, el de Poio y, en colaboración con el Instituto de Estudios Mineros, en el "Auga da Laxe", de Gondomar. En estos centros se montaron módulos interactivos relacionados con leyes básicas de la ciencia y la Física y se invitó a los diferentes centros del entorno a participar en la actividad, de forma que "tengan acceso a los materiales que proponemos por sí los consideran útiles para sus clases", señala Vázquez Dorrió. Además, próximamente organizarán otros cursos para profesores de enseñanza media, como uno de robótica en Pontevedra.

### El modelo de "aprender haciendo"

"En nuestro entorno, estas actividades tienen, sobre todo, cabida en los museos interactivos de ciencia y de lo que se trata es de exportar tales herramientas a la docencia, partiendo de la base de que se aprende mejor tocando que memorizando", razona el profesor Vázquez Dorrió, que recuerda que "esta pedagogía tiene mucha aceptación y tradición en el mundo anglosajón, donde está casi implantado para la enseñanza de la ciencia en todos los niveles educativos del principio de aprender haciendo".

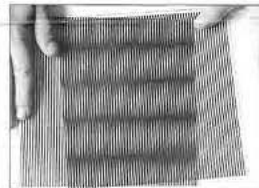
La red comunitaria "Hands of Science" se inició hace un año y tiene una duración de tres. El éxito de la propuesta parece avalado por el hecho de que de los 26 institutos educativos de diez países con los que se inició se haya alcanzado ya la cifra de cuarenta. La coordinación general corre a cargo de la Universidad do Minho (Portugal) y, para España, la comparten la Universidad de Murcia y la de Vigo.



La batería humana. La imagen describe la generación de energía eléctrica. El cuerpo humano actúa como electroíto.



El principio de acción/reacción, mostrado con este sencillo experimento: un globo lleno de aire al ser vaciado produce el movimiento de las aspas.



El "Efecto Moiré", empleado para visualizar interferencias. En este caso, de tipo geométrica mediante la superposición de placas.

# clickonphysics.es

2014

## La Física se aprende con las manos

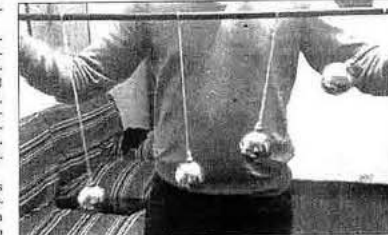
Profesores de Minas desarrollan un proyecto educativo con web propia para que los alumnos dominen conceptos de la asignatura realizando sus propios experimentos

S. PENELAS

La clase magistral hace tiempo que pasó a la historia y ya, antes de la implantación de Bologna, los profesores vigueses comenzaron a innovar también en el aula. Un grupo de docentes de Física en la Escuela de Minas lidera un proyecto para mejorar el aprendizaje de su asignatura mediante actividades manipulativas que realizan los propios alumnos y cuyos videos y explicaciones nutren una web que pretende servir de base de datos para otros estudiantes y profesores, tanto del ámbito universitario como de las etapas previas educativas.

La web ya ronda los 125 proyectos divididos en 6 grandes áreas temáticas y cada uno de ellos incluye información recopilada por el alumnado -fundamentos físicos, material utilizado o enlaces de interés-, así como videos del experimento, en muchos casos realizados por los propios estudiantes vigueses, o extraídos de internet.

Los alumnos de los dos grados que se imparten en el centro -Recursos Mineros e Ingeniería de la Energía- se sirven de las aulas o incluso de una pista de skate para demostrar las leyes de la Física. Otras veces convierten el salón de casa en una especie de plató de El Hormiguero para grabar experimentos que parecen trucos de magia y en los que utilizan materiales tan sencillos como latas de refrescos, adornos navideños o simples botigalios.



De los de los experimentos realizados por los universitarios vigueses.

El objetivo es "aprender haciendo", una metodología muy extendida en las universidades anglosajonas que además motiva a los estudiantes.

El desarrollo de los experimentos con sus propias manos y a tra-

ves de objetos cotidianos de bajo coste facilita la comprensión de conceptos que sobre el papel pueden provocar más de un quebradero de cabeza; desde la deflexión de electrones al principio de Arquímedes pasando por las se-

mioseras de Magdeburg. Gracias a las explicaciones y los experimentos realizados por los universitarios vigueses cualquier curioso entenderá por qué un cilindro de madera llega antes al final de un pasillo inclinado que otro hueco de metal con las mismas dimensiones o que principio explica la formación de un tornado dentro de una botella de agua.

El profesor y director de la escuela, Benito Vázquez, confía en que los contenidos de la página ([www.clickonphysics.es/cms](http://www.clickonphysics.es/cms)) sean de utilidad no solo en el ámbito de las ingenierías, sino también en el científico y sin lugar a dudas, en el contexto preuniversitario.

Para alcanzar la máxima difusión, los proyectos están disponibles en tres idiomas -gallego, castellano, inglés- y la web se va actualizando con los realizados por los alumnos de cada nuevo curso.

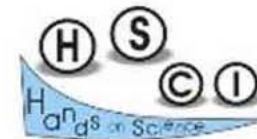
El proyecto cuenta con una financiación del programa de innovación educativa de la universidad viguesa y en años anteriores recibió fondos de convocatorias nacionales y europeas. Además de Benito Vázquez, el grupo de docentes se completa con Javier Vilande, Manuel Martínez, Ramón Francisco Soto, Jesús Blanco y Eduardo Varela.

Precisamente, el campus acoge esta tarde el III Congreso Internacional de Docencia Universitaria, durante el que se darán a conocer experiencias innovadoras de profesores de España y de otros países como Portugal.



# Recursos

1. [clickonphysics.es](http://clickonphysics.es)
2. LIBROS
3. REVISTAS
4. EVENTOS
5. ASOCIACIONES
6. WEB: Google
7. WEB: Youtube
8. MEDIOS AUDIOVISUAIS
9. EMPRESAS MATERIAL DIDÁCTICO
10. MUSEOS



## Recursos. Algúns enlaces ...

1. <http://www.clickonphysics.es/cms/Ga/>
2. <http://arvindguptatoys.com/arvindgupta/insideout.pdf>
3. <http://www.scienceinschool.org/>
4. <http://www.science-on-stage.eu/>
5. <http://hsci2015.info/index.html>
6. <http://sciencedemonstrations.fas.harvard.edu/catalog>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=zTx7UoPXvr4>
8. <http://www.crtvg.es/rg/programas/efervescencia>
9. <http://www.ventusciencia.com/>
10. [http://www.exploratorium.edu/snacks/critical\\_angle/index.html](http://www.exploratorium.edu/snacks/critical_angle/index.html)

