

Técnicas Físicas II.

Física de la Materia Condensada

- Profesores: Rafael Cases Andreu y Elías A. Palacios Latasa
- Dpto.: Física de la Materia Condensada
- e-mail: elias@unizar.es

Horarios: Los MIÉRCOLES de 4 a 8 TARDE comenzando el 17 de febrero.

TRES prácticas (no las 4 montadas) cada alumno, según cuadro de turnos.

Por parejas

Entregar: Datos de la práctica de transición de fase

Informe individual de cada práctica.

NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD

Estas prácticas llevan aparejado el compromiso fehaciente de respetar las normas generales de seguridad en los laboratorios dictadas por el Departamento de Física de la Materia Condensada

Además:

- * Bajo ningún concepto sobrepasar los límites de voltajes, corrientes, temperaturas o PRESIONES máximas estipuladas en los guiones para cada aparato.
- * Específicamente en la práctica 1 hay que vigilar con cuidado que la presión no supere los 60 bar, pues eso supondría la explosión del aparato.
- * La práctica 2 usa agua en ebullición con riesgo leve de quemaduras.

TÉCNICAS FÍSICAS II (2015-16)

1. Diagrama de fases gas-líquido
2. Conductividad térmica de metales
3. Efecto Faraday
4. Ensayos con ultrasonidos

1. DIAGRAMA DE FASES GAS-LÍQUIDO

Ecuación de estado de van der Waals:

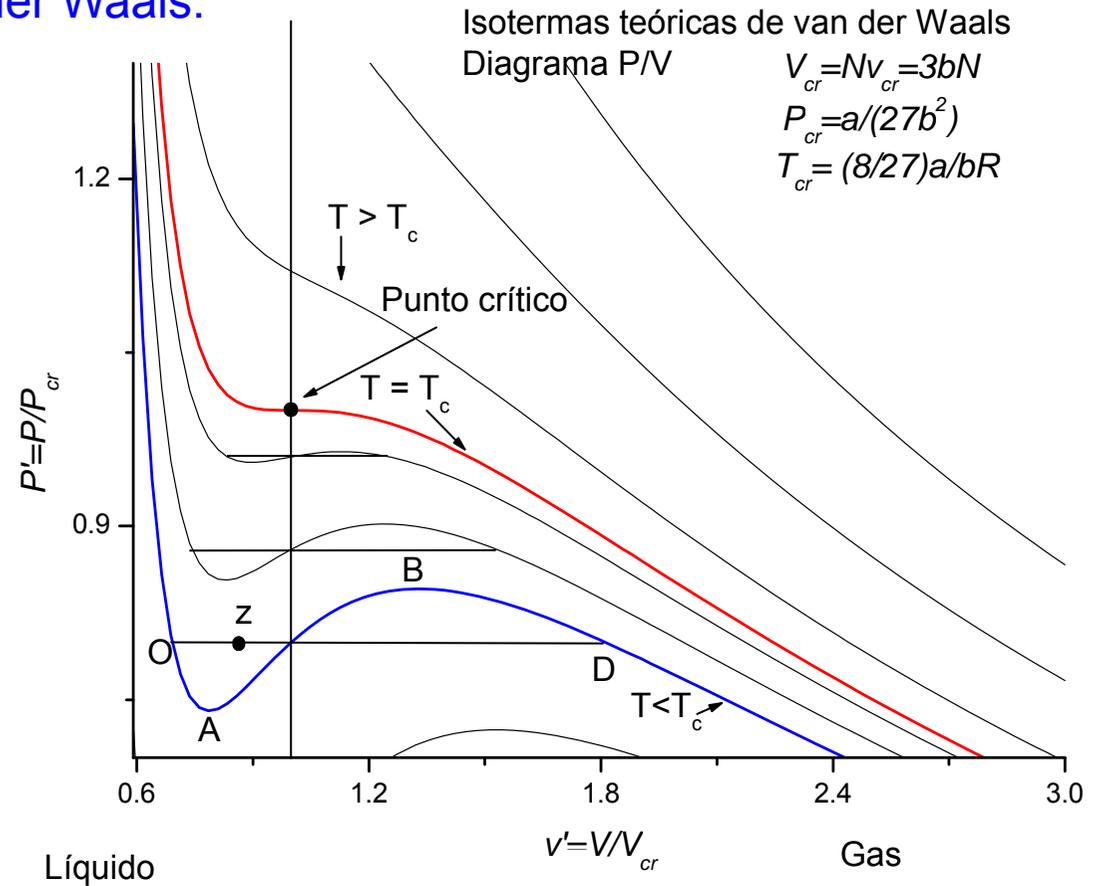
$$P = \frac{NRT}{V - Nb} - \frac{N^2 a}{V^2}$$

Ec. reducida :

$$P' = \frac{8T'}{3v'-1} - \frac{3}{v'^2}$$

$$P' \equiv P / P_{cr} ; \quad v' \equiv V / V_{cr} ;$$

$$T' \equiv T / T_{cr}$$



Se trata de ver hasta qué punto dicha ecuación describe el comportamiento de dos gases reales, relativamente simples: **SF₆** y etano (**C₂H₄**)

Haciendo medidas experimentales de P y V a $T = cte$, para varias T 's distintas

Explicación cualitativa

1) Si $T > T_{cr}$ $\frac{1}{k_T} = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T > 0$ siempre

⇒ El sistema es estable y permanece homogéneo

⇒ No se descompone en dos fases

2) Si $T < T_{cr}$ (ej. isoterma azul)

$\frac{1}{k_T} = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T < 0$ entre O y D

⇒ Entre O y D el sistema se descompone en dos fases

* Gas (en el punto D)

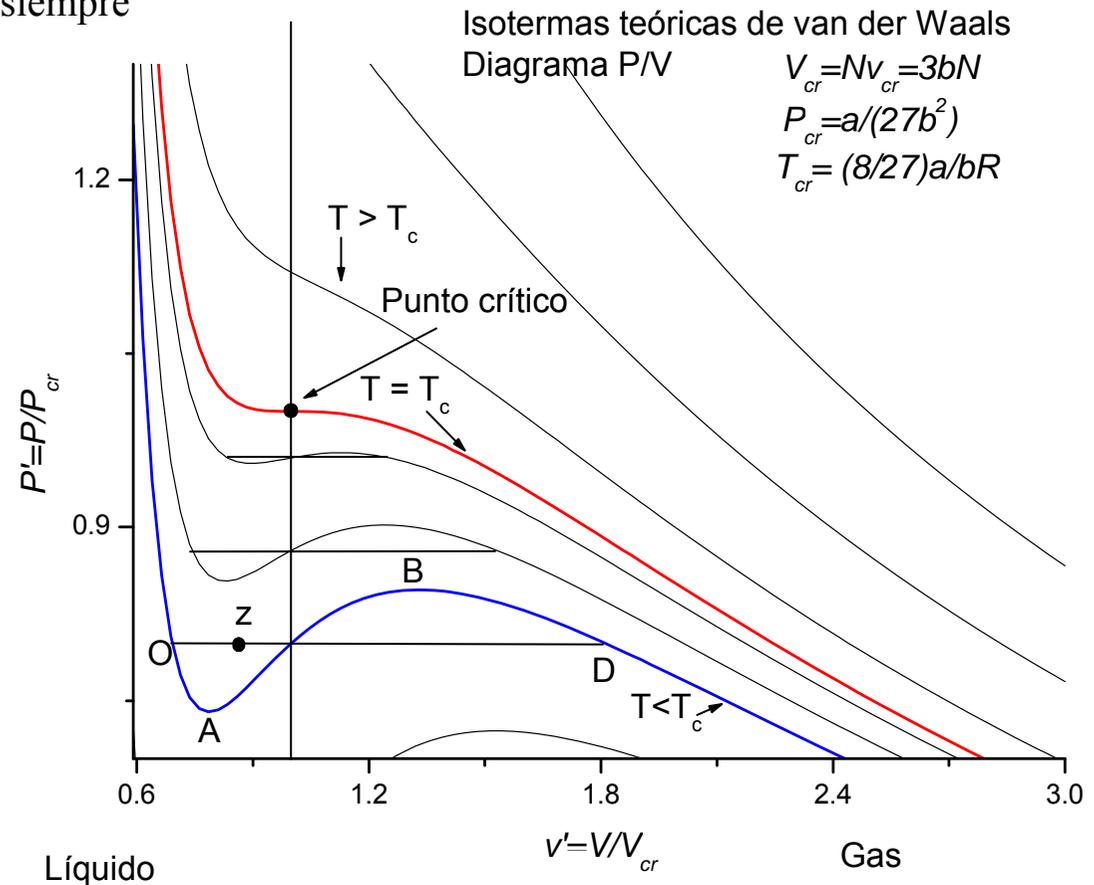
* Líquido (en el punto O)

Si el volumen total es V_z , el nº de moles de gas es:

y el de líquido:

$$N_G = \frac{V_z - V_O}{V_D - V_O} N$$

$$N_L = \frac{V_D - V_z}{V_D - V_O} N$$



Montaje experimental

* La temperatura la fija el controlador. Se mide en un termómetro sumergido en el agua

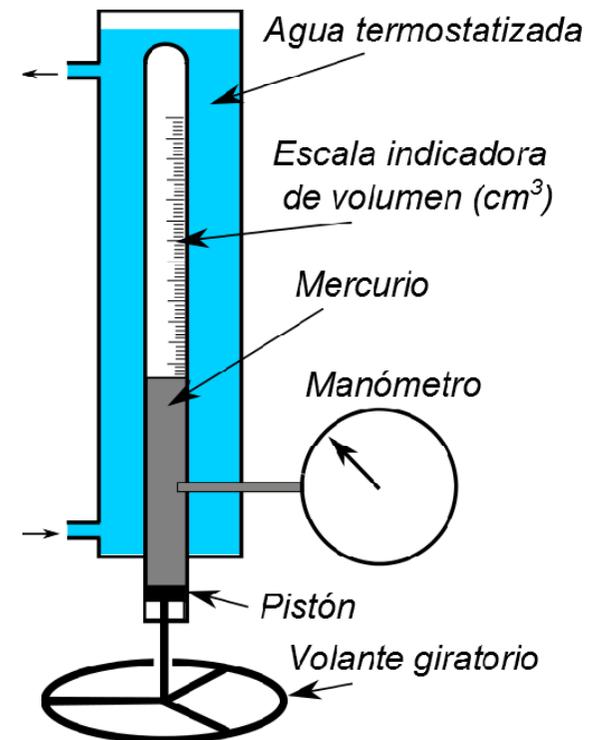
* El volumen se controla girando la rueda. Lo indica la escala vertical

* La presión no se regula, la indica el manómetro de la derecha. **NO ENTRAR EN LA ZONA ROJA**

* Se trata de:

- 1) anotar el valor de V y de P a temperatura fija.
- 2) Girar el volante a otro volumen.
- 3) Esperar unos 30 s para estabilización de T y anotar otro par de valores de V y P

CADA DÍA 4 ISOTERMAS: HAY QUE COMPARTIR LOS DATOS DE TODOS



Análisis de los resultados 1: PROPIEDADES DEL GAS

Virial:
$$\frac{PV}{RT} = N \left(1 + \frac{NB(T)}{V} + \dots \right)$$

$x = 1/V$

$y = PV/RT$ casi lineal:

* Extrapola al valor $y = N$ para $x \rightarrow 0$ ($V \rightarrow \infty$) \Rightarrow N° de moles

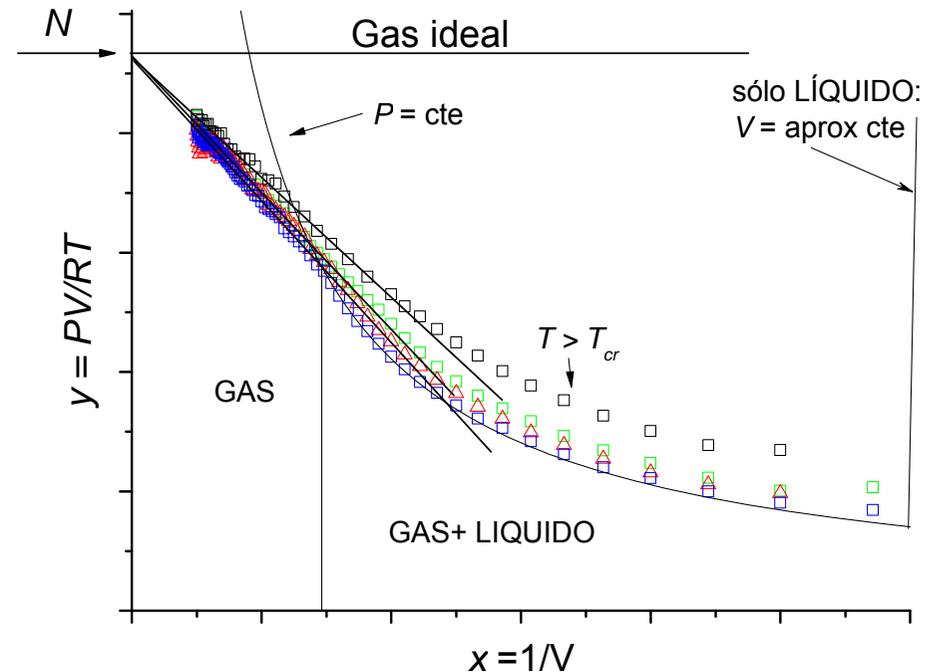
* Casi lineal: la pendiente da $B(T)$

* Se puede obtener B para varias T s \Rightarrow verificar si $B(T) \cong B_0 - \frac{B_1}{T}$

* B_0 da el radio efectivo de las moléculas

* Obtener a y b de van der Waals que mejor ajusten

LIQUIDO +GAS: dependencia hiperbólica **NO ES INTERESANTE EN ESTE GRÁFICO**



Análisis de los resultados 2:

COEXISTENCIA LÍQUIDO + GAS: EC DE CLAPEYRON

Ec. de Clapeyron:

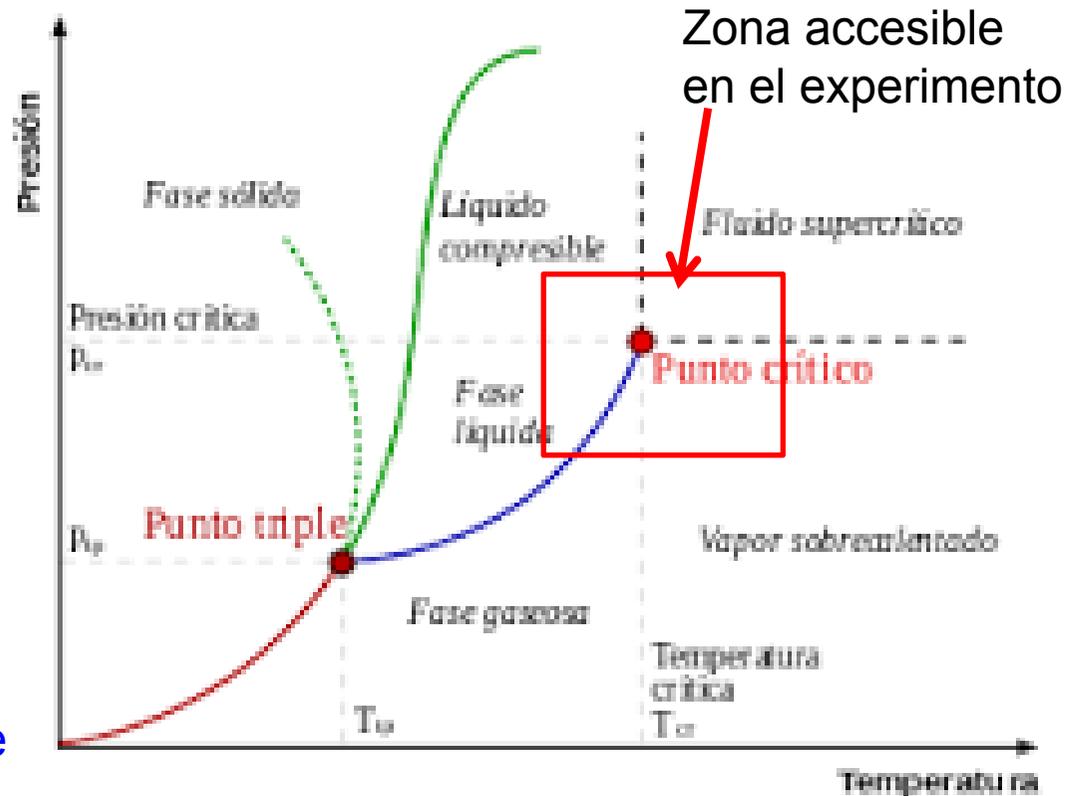
$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(v_G - v_L)}$$

$$v_G = v_D$$

$$v_L = v_O$$

(del diagrama anterior)

- * Determinar el **punto crítico**
- * Dibujar la curva azul con los datos experimentales medidos
- * Determinar numéricamente la pendiente



Se tiene experimentalmente todo para obtener $L(T)$ a cada temperatura.

Práctica 2:

Conductividad térmica y eléctrica de metales



- **Cond. Térmica K** : se coloca una barra entre un depósito de agua hirviendo y hielo fundente.
- Se mide la diferencia de temperatura y la potencia transmitida por unidad de área de la barra J_Q

$$J_Q \equiv \frac{dQ}{dt}$$

$$J_Q = -K \nabla T = K \frac{T_b - T_a}{L}$$

Operación:

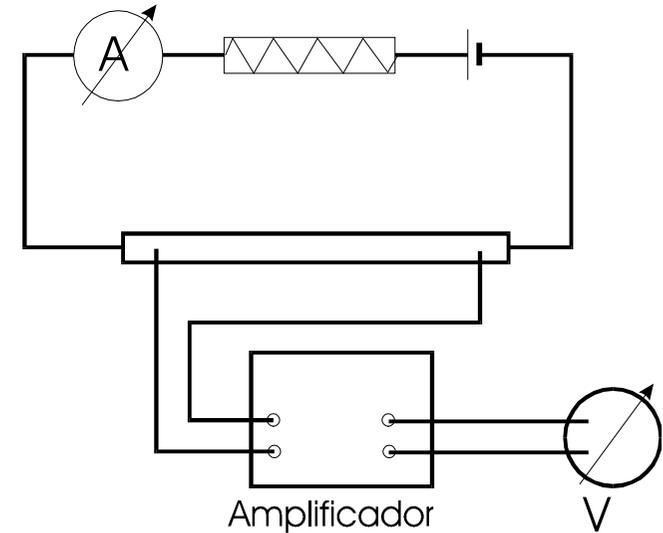
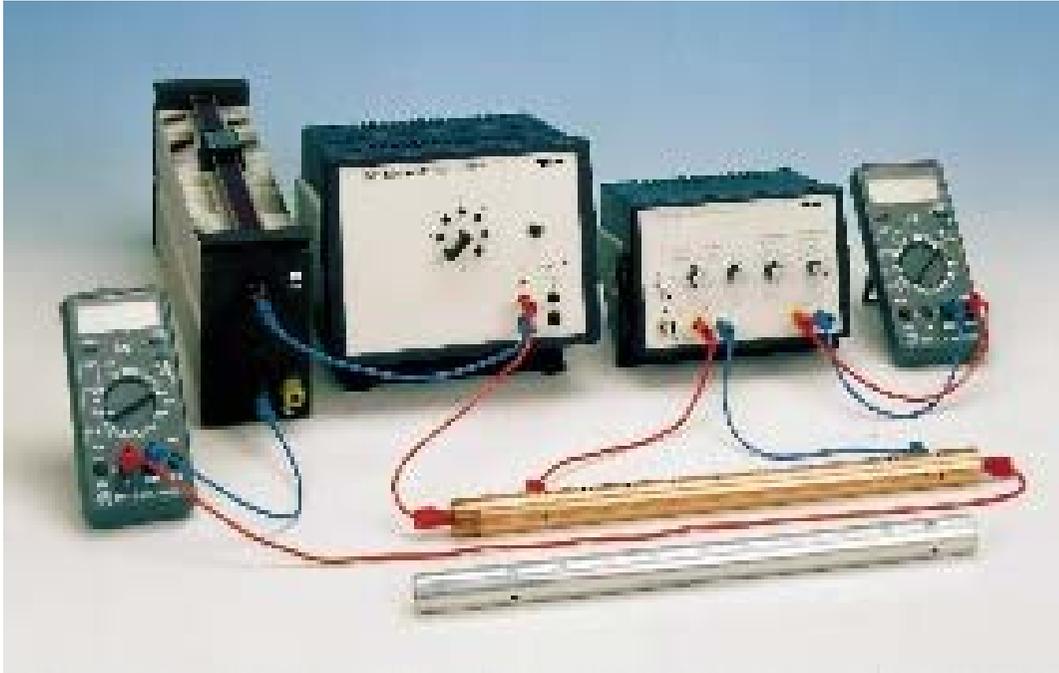
- * Se tiene agua hirviendo en el depósito superior y agua **agitada** con hielo en el inferior.
- * Al cabo de unos 5 minutos (o menos) la barra se encuentra en estado estacionario en que el gradiente de T es constante.
- * El **gradiente de T** se determina **por las temperaturas en distintos puntos de la barra** medidos mediante uno (o varios) sensores PT100 de contacto. La lectura se ve directamente en la unidad electrónica conectada.
- * El **flujo de calor se determina por la masa de hielo fundido** en un tiempo determinado. Es un buen criterio ver el tiempo necesario para que se funda la mitad del hielo
- * Se necesita medir también el hielo fundido sin conectar la barra, que da el flujo de calor desde el exterior. Esto se hace en otra medida independiente después de acabar todo lo demás.

Algunos aspectos prácticos:

Esta práctica es muy simple pero hay que tener cuidado para que salga bien. En particular

- * Hay que regular la calefacción del depósito superior para que tenga siempre agua en ebullición: si la calefacción es excesiva hierve mucho y se queda rápidamente sin agua, si es escasa deja de hervir y la temperatura es demasiado baja
- * El agua del depósito inferior debe estar constantemente agitada para asegurar el equilibrio térmico entre el agua líquida y el hielo
- * Para medir T en un punto de la barra no hay que presionar demasiado con los sensores pues se rompen fácilmente.

Conductividad eléctrica



$$\sigma = \frac{1}{R} \frac{L}{A}$$

$$R = \frac{V_a - V_b}{I}$$

Ley de Wiedemann-Franz: $\frac{K}{\sigma} = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{k_B}{e} \right)^2 T$

Práctica 3: Efecto Faraday

Actividad óptica: Diferente velocidad de propagación de la luz para las dos polarizaciones circulares

Onda linealmente polarizada. En el eje x.

Sean: $\mathbf{u}_+ = \mathbf{u}_x + i \mathbf{u}_y$ y $\mathbf{u}_- = \mathbf{u}_x - i \mathbf{u}_y$.

Propagación en el medio $E_0 \mathbf{u}_+ \exp[i(k_+ z - \omega t)] + E_0 \mathbf{u}_- \exp[i(k_- z - \omega t)]$

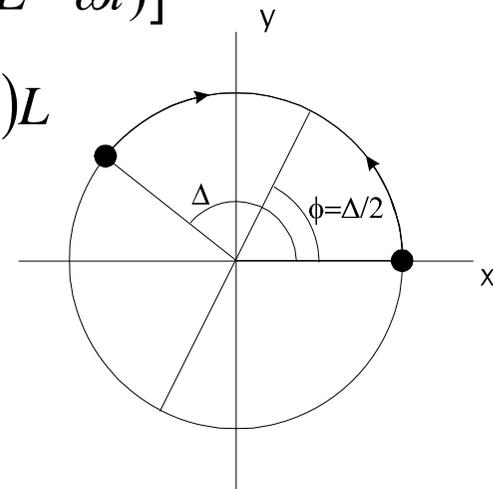
A la salida (espesor recorrido = L)

$$E_0 \mathbf{u}_+ \exp[i(k_+ L - \omega t)] + E_0 \mathbf{u}_- \exp[i(k_- L - \omega t)]$$

Desfase: $\Delta = (k_+ - k_-)L = \frac{\omega}{c}(n_+ - n_-)L = \frac{2\pi}{\lambda_0}(n_+ - n_-)L$

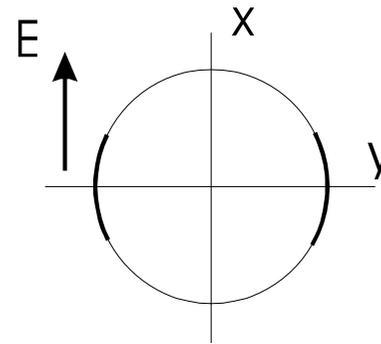
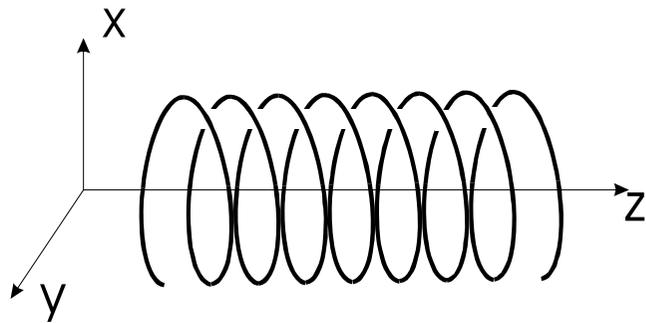
Ángulo de polarización con el eje x, a la salida:

$$\phi = \Delta / 2$$



Explicación de la actividad óptica

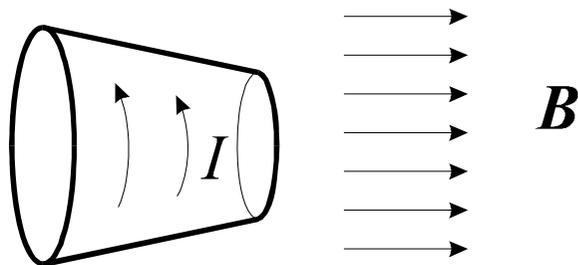
Moléculas quirales. Ejemplo:



Efecto Faraday:

Campo magnético induce quiralidad.

Ejemplo:



Ley de Verdet

$$\phi = V(\lambda)LB$$

$$V(\lambda) = (n^2 - 1) \left(A + \frac{B}{\lambda^2 - \lambda_0^2} \right)$$

Dispositivo experimental

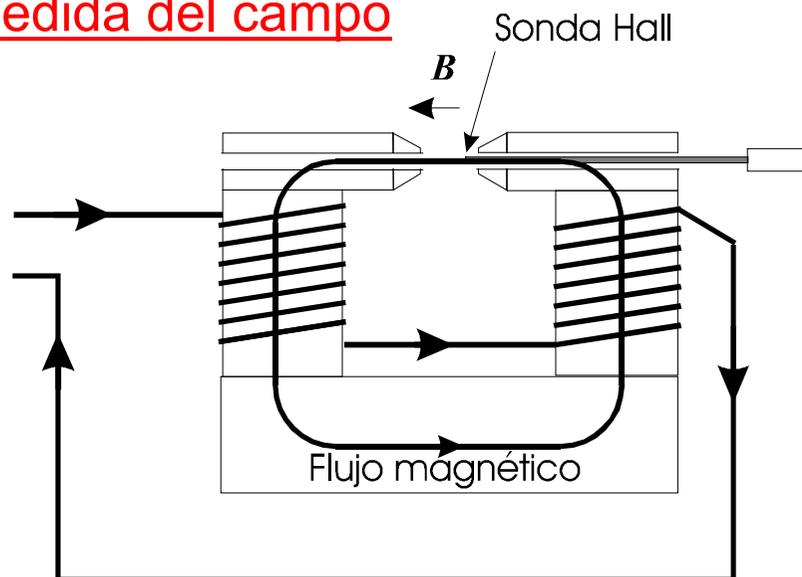
Modificaciones:

- * Se ha sustituido la lámpara por una LED
- * La longitud de onda se selecciona mediante un monocromador óptico
- * La luz emergente se observa directamente con la vista

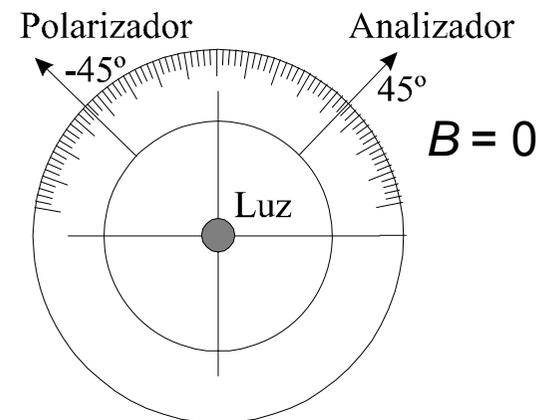


Medida del campo

B

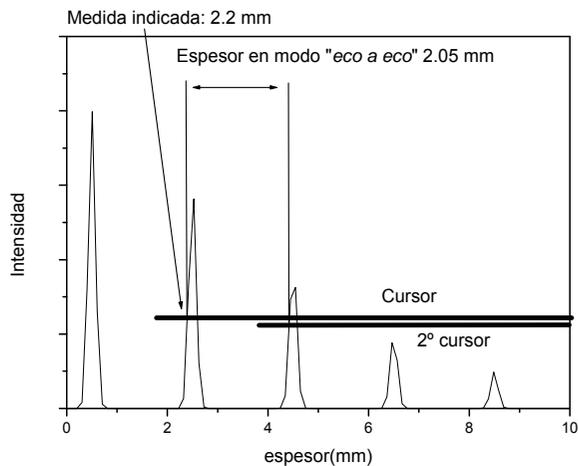
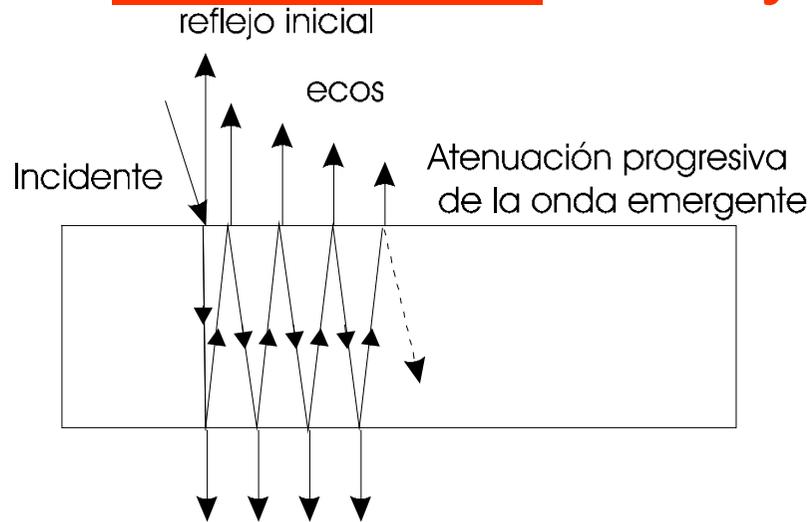


Observación del efecto Faraday



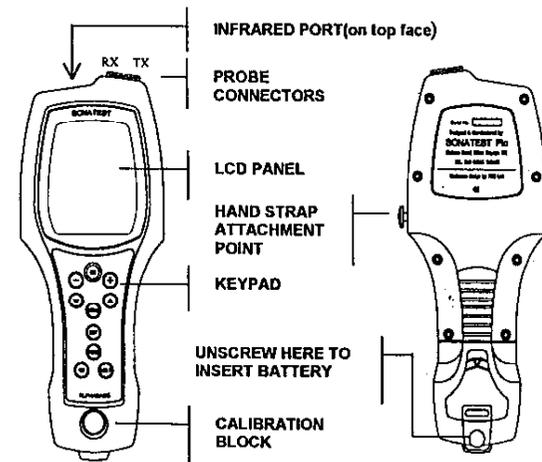
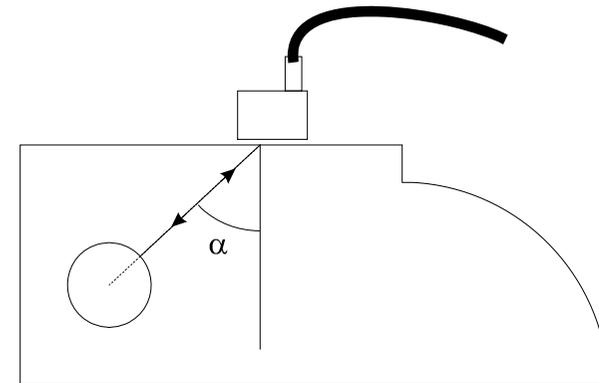
Buscar el ángulo entre polarizadores para mínima intensidad transmitida

Práctica 4: Ensayos con ultrasonidos



$y = \text{intensidad}$

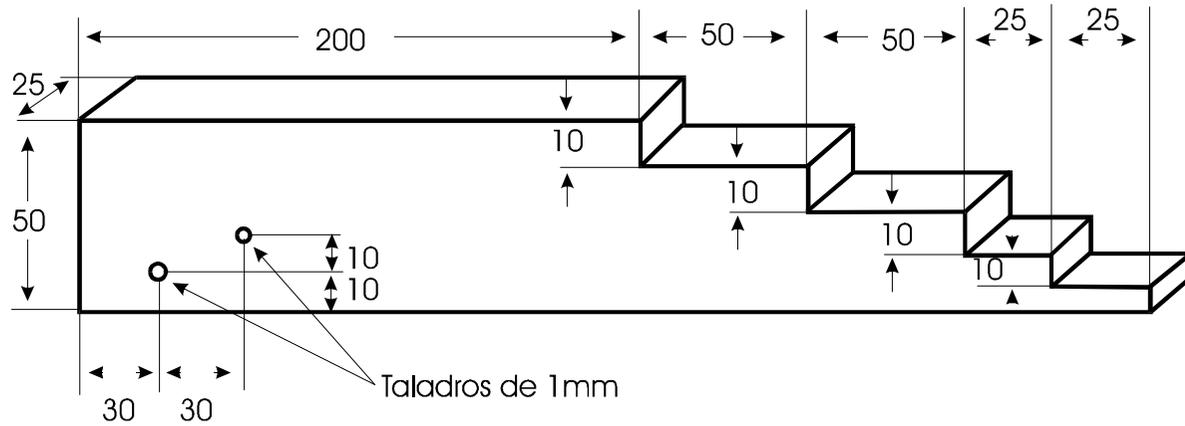
$$x = v_0 t / 2 + x_0$$



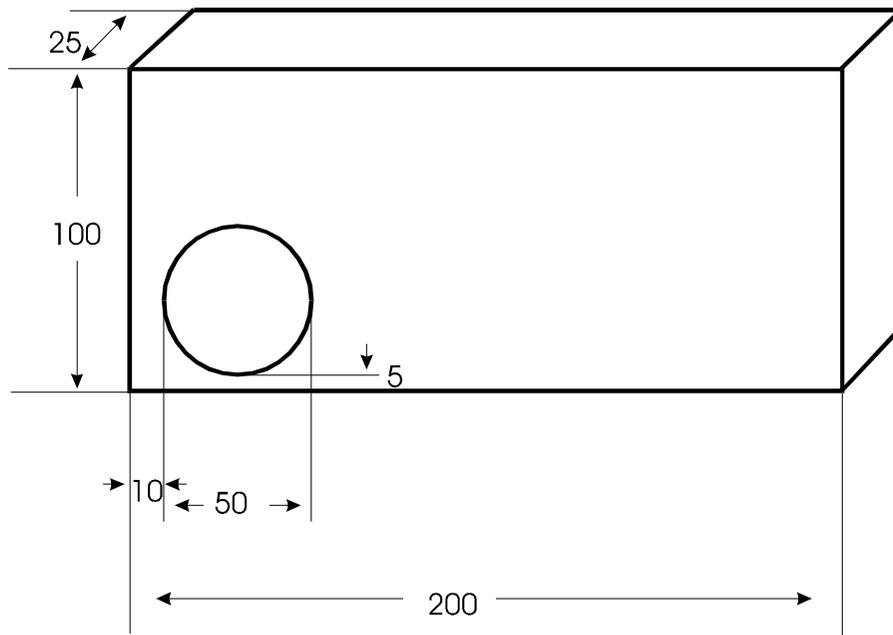
Muestra la señal recibida y digitalmente el primer corte del cursor con la señal

Constantes internas $v_0 \cong 5000$ m/s y x_0 a determinar

Sólidos policristalinos o amorfos



Piezas para onda longitudinal



Piezas para onda transversal

Monocristal del sistema cúbico
(forma externa cualquiera)

Ondas LONGITUDINALES

$$v_{\langle 100 \rangle} = v_{\langle 010 \rangle} = v_{\langle 001 \rangle} = \sqrt{\frac{C_{11}}{\rho}}$$

$$v_{\langle 011 \rangle} = v_{\langle 101 \rangle} = \dots = \sqrt{\frac{C_{11} + C_{12} + 2C_{44}}{\rho}}$$

$$v_{\langle 111 \rangle} = \sqrt{\frac{C_{11} + 2C_{12} + 2C_{44}}{\rho}}$$

