

# Dispersión material

**Técnicas Experimentais III  
(Laboratorio de Óptica)  
Grao en Física  
Curso 2023 - 2024**

## A. OBJECTIVO XERAL

Estudar a dependencia do índice de refracción dun vidro coa longura de onda usando un goniómetro

## B. TAREFAS A REALIZAR

1. Axustar o refractómetro
2. Medir o ángulo do prisma e o ángulo de desviación mínima para cada longura de onda
3. Calcular os correspondentes índices de refracción

## C. ASPECTOS A INCLUÍR NO INFORME

O informe desta experiencia debe incluír as respostas ás preguntas que se formulan no anexo 3 xunto coa táboa de datos que se adxunta.

## D. MATERIAL DISPOÑIBLE

Lámpada de vapor de Na de baixa presión, refractómetro (goniómetro con plataforma de soporte, anteollo e colimador da fenda), prisma de vidro, lupa.

Comproba que tes este material e -se falta algo- ponte en contacto coa profesora ou profesor. Por favor, non movas material dos bancos ópticos veciños.

### NOTA IMPORTANTE:

**NUNCA TOQUEDES COS DEDOS AS SUPERFICIES ÓPTICAS DOS PRISMAS E LENTES.**

Os compoñentes ópticos deben collerse polo canto ou polos seus soportes mecánicos.

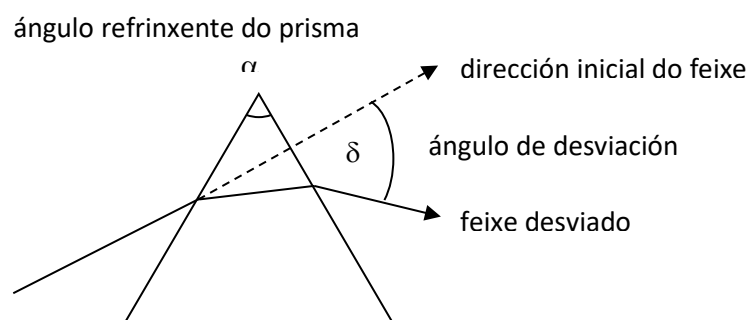
## E. NOTAS SOBRE O PROCEDEMENTO

### 1. Axuste do refractómetro

O índice de refracción dos medios materiais é lixeiramente diferente para cada frecuencia (ou longura de onda no baleiro) da radiación que se propaga neles. Este fenómeno coñécese co nome de **dispersión cromática** e está na orixe das cores que podemos observar en diferentes fenómenos naturais como p. ex. o arco da vella.

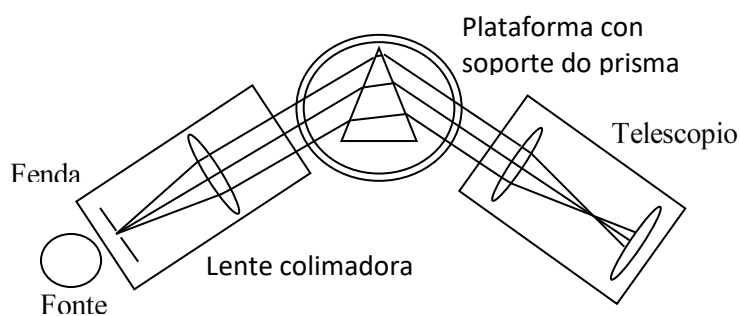
Un xeito doado de observar o fenómeno da dispersión é facer incidir un feixe de luz policromática sobre un prisma de vidro de base triangular. O feixe refráctase na cara de entrada do vidro, propágase dentro del e refráctase de novo na cara de saída, sempre de acordo coa Lei de Snell. Ao saír do prisma, a dirección de propagación do feixe será en xeral diferente da dirección que este tiña antes de entrar. O ángulo que forman estas direccións,  $\delta$ , coñécese como "ángulo de desviación" (ver figura 1). Este ángulo depende de varios factores:

o ángulo de incidencia do feixe na primeira cara do prisma, o ángulo refrinxente do prisma ( $\alpha$ ) e o índice de refracción deste  $n(\lambda)$ , que, como se dixo, depende de  $\lambda$ , a longura de onda no baleiro da radiación.



**Figura 1.** Ángulo de desviación

O refractómetro é un aparello deseñado para poder medir ángulos de desviación (e, en concreto, para medir o "ángulo de desviación mínima" ( $\delta_m$ ) do que se fala no seguinte apartado). Consta de tres elementos básicos: unha plataforma con sistema de medida de ángulos (goniómetro), un anteollo, e unha fenda coa súa lente colimadora (ver Figura 2). A fenda ilumínase coa luz procedente da lámpada (colocando esta o máis preto posible daquela, para aproveitar mellor o fluxo luminoso). Se a fenda está no plano focal da lente colimadora, os raios que saen desta -procedentes de cada punto da fenda- propáganse paralelos entre si, tal e como indica a figura, co cal inciden sobre a cara de entrada do prisma co mesmo ángulo de incidencia. Refráctanse e propáganse paralelos dentro do prisma e, na cara de saída, refráctanse de novo todos co mesmo ángulo.



**Figura 2.** Refractómetro

Se a continuación do prisma poñemos o noso ollo, estes raios paralelos irán focalizar a un mesmo punto da retina (supoñendo que o ollo sexa emétrepe ou estea emetropizado, é dicir, que non teñamos miopía, hipermetropía non compensada por acomodación, nin astigmatismo, ou que as teñamos compensadas mediante gafas ou lentes de contacto). Así, na nosa retina vai formarse -punto a punto- unha imaxe nítida da fenda.

Se a luz que provén da fonte consta de varias frecuencias (ou longuras de onda no baleiro), dado que o índice de refracción do vidro vai depender destas, os raios procedentes

de cada punto propagaranse paralelos entre si á saída do prisma pero en dirección lixeiramente distinta para cada cor. Isto traducirase na aparición de diversas imaxes da fenda, cada unha coa súa cor, na nosa retina. Esas imaxes son as comunmente denominadas "liñas espectrais". No canto de observarmos co ollo sen máis, podemos poñer un telescopio á saída do prisma: nada esencial cambia, excepto que veremos as liñas de maior tamaño -debido aos aumentos do telescopio- e poderemos usar un retículo que nos permitirá medir con maior precisión os ángulos de desviación.

Interézanos que a fenda estea no plano focal da lente colimadora, para así garantir que todos os raios -con independencia da súa longura de onda- inciden paralelos sobre a cara de entrada do prisma, e saen deste mantendo ese paralelismo para cada cor (aínda que, como xa comentamos, a dirección de saída será obviamente diferente para cada longura de onda). Para iso temos que axustar o refractómetro. Un procedemento sinxelo é facelo 'de atrás cara adiante', é dicir, comezando polo telescopio. Consiste en:

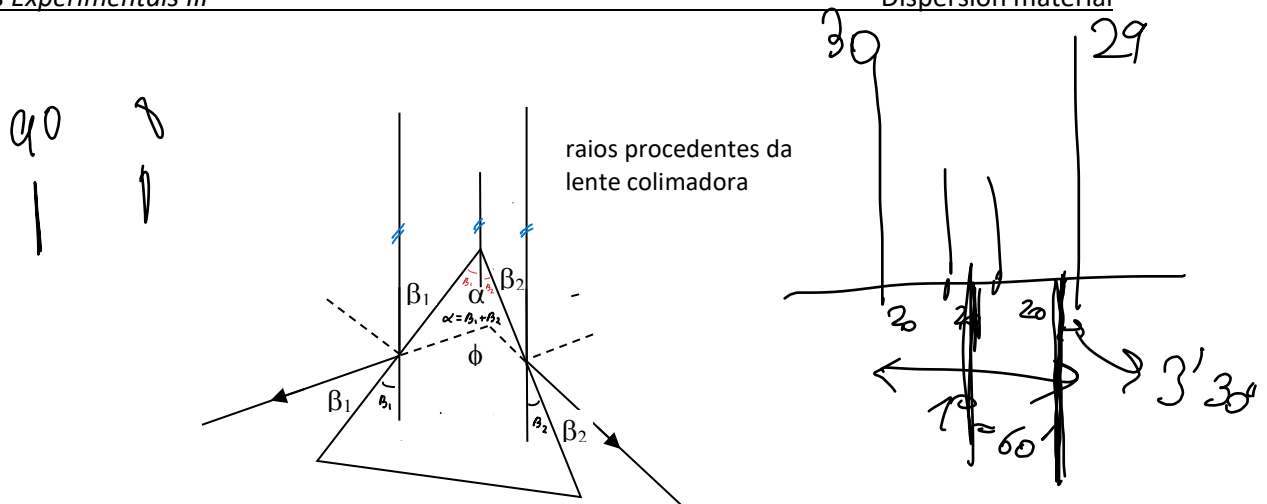
1. Axustar a lente ocular do telescopio de forma que a través dela vexades claramente o seu retículo (unha cruz de fíos moi finos).

2. Axustar o telescopio para que os raios que incidan paralelos sobre o seu obxectivo saian paralelos do seu ocular. Para iso debemos variar a distancia entre o obxectivo e o ocular até que vexamos nitidamente obxectos moi afastados (p.ex. o Monte Pedroso) co ollo sen acomodar. Comeza a buscar a imaxe nítida partindo da posición na que o tubo do telescopio está o máis estendido posible, sen forzalo. Se habitualmente usas anteollos ou lentes de contacto lévaas postas ao facer este axuste. Unha vez feito isto o telescopio xa está aquelado: os raios que cheguen ao obxectivo paralelos entre si, sairán do ocular paralelos entre si.

3. Sen o prisma no soporte, poñer o telescopio en fronte do brazo colimador da fenda e observar esta a través do telescopio. Se a fenda non está exactamente no plano focal da lente colimadora a súa imaxe non se verá nítida, debido a que os raios que saen de cada punto da mesma diverxerán ou converxerán despois de atravesaren a lente colimadora e polo tanto non entrarán paralelos no telescopio. Movendo a fenda cara adiante ou atrás, utilizando a roda do colimador, podemos chegar a ver perfectamente nítidos os bordes da fenda a través do telescopio: nese momento sabemos que os raios procedentes de cada punto da fenda saen paralelos do colimador, que é precisamente o que interesa conseguir. Comeza a buscar a imaxe nítida partindo da posición na que o tubo que contén a fenda está o máis estendido posible, sen forzalo. Axusta despois o ancho da fenda -usando o parafuso que ten- até obter unha liña o máis estreita posible, pero que ao mesmo tempo se vexa claramente.

## 2. Medida do ángulo do prisma e do ángulo de desviación mínima para cada longura de onda

**Ángulo do prisma ( $\alpha$ ):** O ángulo refrinxente do prisma ( $\alpha$ ) mídese colocando este na plataforma de xeito que a súa aresta refrinxente (aresta onde se xuntan as dúas caras pulidas do prisma polas que logo, na seguinte etapa, vai entrar e saír a luz) estea máis ou menos enfrontada co tubo colimador. Co telescopio recóllense as imaxes da fenda que proceden das reflexións en cada cara do prisma. A partir do ángulo xirado polo telescopio para centrar no seu retículo cada unha das imaxes ( $\phi$ ) e por medio de relacións xeométricas que debes deducir, podes obter o ángulo  $\alpha$  (ver figura 3). Ollo! Este ángulo, en xeral, non é igual a  $60^\circ$ . Fai cinco medidas (cunha resolución de 1 minuto de arco) e obtén o valor medio e a desviación típica das mesmas. Para ver como medir ángulos con esa resolución le o Anexo 1.



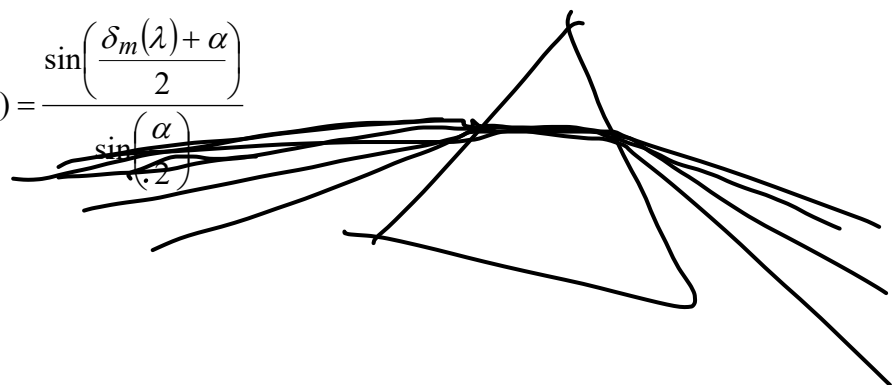
**Figura 3.** Medida do ángulo refrinxente do prisma ( $\alpha$ ). Deduce a fórmula que relaciona  $\alpha$  con  $\phi$ .

**Ángulo de desviación mínima:** Para a medida do ángulo de desviación mínima ( $\delta_m$ ) mediremos primeiro a orientación do feixe procedente do tubo colimador (en ausencia de prisma) nas dúas escalas do goniómetro. Seguidamente colocamos o prisma e buscamos as imaxes da fenda refractadas por este (as liñas espectrais), é dicir, observamos a fenda a través do prisma. En xeral deberemos xirar o prisma e o telescopio até atopar estas imaxes, que serán de diferentes cores. Tamén podemos comezar sen utilizar o telescopio, simplemente buscando co ollo as imaxes coloreadas da fenda a través do prisma, e, unha vez localizadas, xirar o telescopio até velas por el. Unha vez teñamos as liñas espectrais no campo visual, procederemos a xirar lentamente o prisma, e seguiremos o movemento das liñas co telescopio. Se nos fixamos en como se move a imaxe dunha liña dada veremos que (se estamos xirando o prisma na dirección correcta) chega un momento en que esta se detén e logo comeza a retroceder aínda que sigamos aumentando o ángulo de xiro. A posición na que cambia o sentido do movemento dunha liña espectral corresponde á súa dirección de desviación mínima. A diferenza entre esta posición angular e a posición que tiña o feixe procedente do colimador en ausencia de prisma é o ángulo de desviación mínima buscado ( $\delta_m$ ). A operación de procura do ángulo de desviación mínima debes realizala polo menos cinco veces para cada liña espectral (utiliza polo menos catro liñas espectrais). Ten en conta que o momento en que cada liñas comeza a retroceder non é o mesmo para todas elas. A longura de onda no baleiro á que corresponde cada cor da lámpada de Na tela no Anexo 2.

### 3. Cálculo dos correspondentes índices de refracción

Se temos un prisma de ángulo refrinxente  $\alpha$ , e para unha longura de onda  $\lambda$  o ángulo de desviación mínima é  $\delta_m(\lambda)$ , o correspondente índice de refracción ven dado pola coñecida expresión:

$$n(\lambda) = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m(\lambda) + \alpha}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

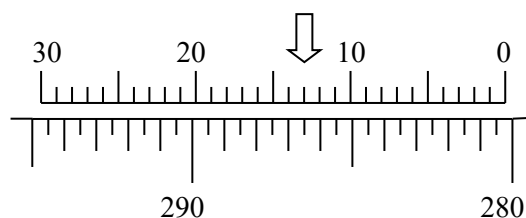


**Anexo 1: MEDIDA DE ÁNGULOS CO GONIÓMETRO**

Os refractómetros dos que dispoñemos no laboratorio permiten medir ángulos cunha resolución igual a 1 minuto de arco. A escala dobre que utilizan é semellante á indicada na figura A1. A escala inferior da figura é parte do círculo de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , que ten como divisións máis pequenas liñas que marcan medio grao (é dicir, 30 minutos de arco). A escala superior está subdividida en 30 intervalos. A lectura, con resolución de 1 minuto, faise do xeito seguinte:

1) O "0" da escala superior marca o ángulo na inferior, cunha resolución de medio grao: Neste exemplo o ángulo é maior de  $280^\circ$ , pero non chega a  $280,5^\circ$  ( $280^\circ 30'$ ).

2) O número de minutos de arco que cómpre sumar a  $280^\circ$  para ter a medida do ángulo determínase buscando a raia da escala superior que coincide cunha raia da inferior. En cada medida só vai haber unha coincidencia, e cómpre adestrar o ollo para atopala. Neste caso a coincidencia está na liña indicada cunha frecha. A lectura na escala superior corresponde á división número 13. O ángulo mide pois  $280^\circ 13'$

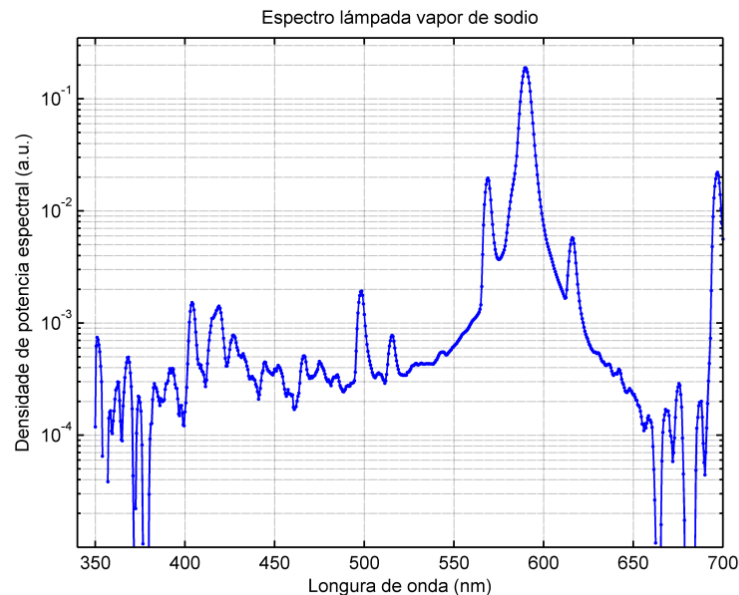


**Fig. A1**

Atención! Tamén podes atopar goniómetros nos que a escala angular está dividida en terzos de grao ( $20'$ ) e a escala superior ten 20 divisións. O proceso de medida é análogo ao indicado, tendo en conta tan só que os intervalos son diferentes.

## Anexo 2: MEDIDA DAS LONGURAS DE ONDA DAS LIÑAS ESPECTRAIS DAS LÁMPADAS DISPOÑIBLES NO LABORATORIO.

Este é o espectro das lámpadas de sodio medido cun espectrómetro STE-BW-VIS, en escala logarítmica de densidade de potencia espectral. Podes usalo para identificar a longura de onda das liñas que ves.



Esta é a correspondencia aproximada entre bandas espectrais e as cores que percibimos cando vemos radiación pertencente a elas:

Color	Wavelength	Frequency	Photon energy
Violet	380–450 nm	668–789 THz	2.75–3.26 eV
Blue	450–495 nm	606–668 THz	2.50–2.75 eV
Green	495–570 nm	526–606 THz	2.17–2.50 eV
Yellow	570–590 nm	508–526 THz	2.10–2.17 eV
Orange	590–620 nm	484–508 THz	2.00–2.10 eV
Red	620–750 nm	400–484 THz	1.65–2.00 eV

[https://en.wikipedia.org/wiki/Visible\\_spectrum](https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_spectrum)

Longuras de onda das raias espectrais das lámpadas de sódio dispoñibles no laboratorio:  
 vermella: 616 nm ; amarela: 589 nm; verde 1: 568 nm; verde 2: 515 nm; azul 1: 498 nm;  
 azul 2: 475 nm; azul-violeta: 467 nm

**Anexo 3: INFORME DO TRABALLO****Nome:****Data:****Grupo:**

1. Ancho da fenda: cales son as vantaxes en inconvenientes de que sexa moi ancha? e de que sexa moi estreita?
2. Utilizando os teus coñecementos xerais de física, podes dar unha explicación de por que as liñas dunhas cores son máis intensas que outras?
3. Deduce a fórmula que relaciona  $\alpha$  con  $\phi$  na figura 3. !!
4. Resultados básicos do experimento: enche a táboa 1 (ver máis abaixo).
5. Á vista dos resultados das medidas, o vidro do prisma presenta dispersión normal ou anómala?
6. Realizar a gráfica co axuste aos datos experimentais da recta  $n(x) = A + Bx$ , sendo  $x = 1/\lambda^2$ , e que corresponde a relación de dispersión de Cauchy básica. Comenta o resultado.

Dispersión material		
Ángulo refrinxente do prisma ( $\alpha$ )=		incerteza( $\sigma_\alpha$ )= (até minutos de arco)
Longura de onda $\lambda$ (nm)	Ángulo desviación mínima $\delta_m$ (+/- $\sigma_\delta$ )	Índice de refracción $n$ (+/- $\sigma_n$ )