

ACTIVIDADES PROPOSTAS NO “ESTUDO DO CD-ROM, UNHA EXPERIENCIA INTERDISCIPLINAR”

Enric Ripoll Mira. IES Cañiza (Pontevedra)

1. Utilizando INTERNET, procura as características dos polímeros máis habituais e suxire algúns que se poidan usar na construción dun CD-ROM.

Preténdese que o alumno realice unha WebQuest buscando as diferentes características técnicas dos distintos polímeros hasta suxerir que o policarbonato podería ser un material óptimo para a construción de CD-ROM pola súa flexibilidade e transparencia. Ao falar das características deste material sería bo que engadise o seu índice de refracción.

2. Observa se a capa de metal do CD-ROM reacciona co ácido clorhídrico e en caso afirmativo suxire un posible metal para ser usado na construción dun CD.

Os alumnos ao faceren a experiencia verán que se desprende hidróxeno co que chegarán á conclusión de que se trata dun metal redutor. O profesor pode engadir que normalmente é usado o aluminio.

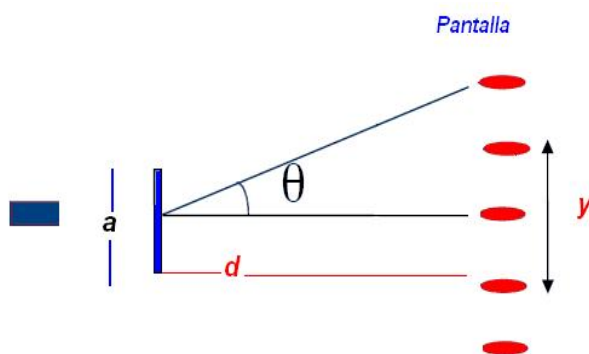


Figura 4
Esquema das interferencias na pantalla
Fonte: Enric Ripoll

3. En primeiro lugar, será necesario coñecer a lonxitude de onda do láser que vas utilizar. Como calcularías a lonxitude de onda do láser usando unha rede de difracción?

Montaríamos o láser e unha rede de difracción de características coñecidas a certa distancia da pantalla

(Figura 4) e mediríamos as distancias entre o máximo de interferencia central e o contiguo, seguidamente, levaríamos os valores das medicións á expresión:

$$\lambda = a \cdot \sin \theta$$

O resultado que obtivemos para o noso láser foi de 6586 Å ou 658.6 nm.

4. Unha vez coñecida a lonxitude de onda. Deseña unha montaxe experimental que permita, mediante un experimento de difracción e interferencia medir a distancia entre dúas pistas consecutivas do CD ROM.

O máis sinxelo será facer reflectir o raio láser sobre o CD e realizar as correspondentes medicións da interferencia producida sobre unha pantalla.

5. Unha vez ideada a montaxe, realiza o experimento e calcula a distancia entre as pistas usando a expresión: $a = n \frac{\lambda}{\sin \theta}$



Fotografía 1

Manchas de interferencia construtiva na pantalla

Fonte: Enric Ripoll

O patrón de interferencia que obtivemos é o fotografado arriba (Fotografía 1), os diferentes senos dos correspondentes ángulos móstranse na táboa 2:

<i>Interferencia</i>	<i>Seno do ángulo</i>	<i>Distancia entre pistas: a (m)</i>
<i>1r Orde</i>	<i>0.4472</i>	<i>$1.47 \cdot 10^{-6} \text{ m}$</i>
<i>2º Orde</i>	<i>0.8376</i>	<i>$1.57 \cdot 10^{-6} \text{ m}$</i>

Táboa 2

Resultados das medicións da experiencia

Fonte: *Enric Ripoll*

Tomando a media aritmética como valor máis probable, obtemos:

$$a = (1.52 \pm 0.05) \mu\text{m}$$

O que está bastante de acordo coa distancia amosada na Táboa 1.

6. Imos tentar determinar canta información pode caber nun CD ROM. Sabendo que a espiral do CD-ROM evoluciona linealmente desde o radio menor ao maior, trata de obter unha expresión sinxela que permita calcular a súa lonxitude sabendo a distancia entre as pistas, o radio menor e o radio maior da espiral.

a) Preténdese que o alumno¹ pense que a primeira volta da espiral sería aproximadamente unha circunferencia de radio 2.5 cm e a última volta sería aproximadamente unha circunferencia de radio 5.8 cm. Como as circunferencias están igualmente separadas seguirían unha relación lineal. Xa que podemos tomar unha circunferencia media e multiplicar polo número de voltas:

$$r_m = \frac{r_{\text{máx}} + r_{\text{mín}}}{2}$$

$$r_m = \frac{5.8 + 2.5}{2} = 4.15 \text{ cm} = 4.15 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Como a distancia d entre as pistas obtida é de $1.52 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, podemos afirmar que haberá:

$$n = \frac{r_{\text{máx}} - r_{\text{mín}}}{d}$$

$$n = \frac{(5.8 - 2.5) \cdot 10^{-2}}{1.52 \cdot 10^{-6}} = 20625 \text{ voltas}$$

Onde d é a distancia entre as pistas e n o número de voltas da espiral.

Considerando a circunferencia media isto significa que a lonxitude total da espiral é de:

$$s = 2 \cdot \pi \cdot r_m \cdot n$$

$$s = 2 \cdot \pi \cdot 4.15 \cdot 10^{-2} \cdot 20625 = 5368 \text{ m}$$

Onde s é a lonxitude da espiral e r_m o radio medio da espiral.

b) Outra abordaxe que poden facer os alumnos é pensar que a lonxitude da espiral pódese obter ao dividir a área do disco con datos entre a separación entre as pistas.

7. Unha vez calculada a lonxitude da espiral e , tendo en conta que un byte de datos pódese considerar constituído por 17 bites (excedendo así os 8 debido a que no caso dos datos inclúense ao final do byte códigos de corrección, etc.) calcula cantos bytes caben no CD (a lonxitude dun bit tédela na táboa 1).

Un simple cálculo cos datos lévanos á conclusión de que no CD pódense almacenar 1138 MB, o cal é un valor moi próximo aos 650-700 MB que ten un CD.



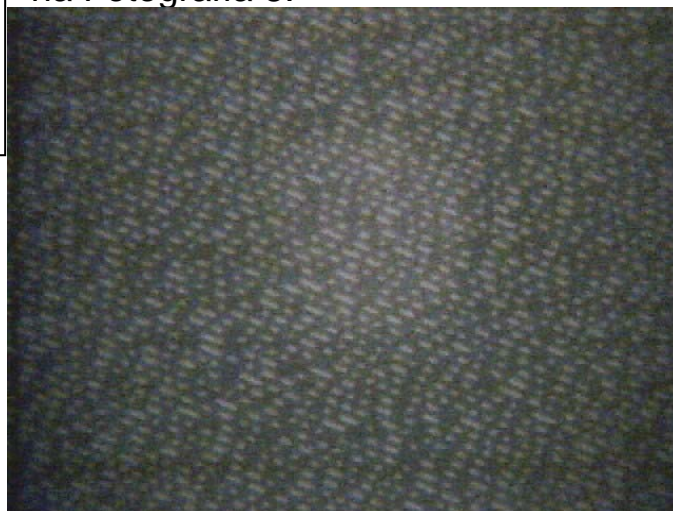
Fotografía 2

Preparación do CD para ser observado ao microscopio

Fonte: Enric Ripoll

8. Se quixeses ver os pozos e os chairos, poderías utilizar un microscopio óptico? En caso afirmativo, cantos aumentos usarías?

Tendo en conta as dimensións dos pozos vese que si, poderíamos observar os “bytes físicos” nun microscopio óptico. No noso caso miramos con 1000 aumentos e o resultado foi o que se mostra na Fotografía 3:



Fotografía 3

Vista do CD-ROM nun microscopio. 1000

9. DVD-ROM pódese considerar como o irmán maior do formato CD-ROM en termos de velocidade de lectura e de capacidade. Se comparamos as distintas características na táboa e o debuxo seguintes. Poderías dicir que capacidade de almacenamento ten o DVD de datos?

	CD-ROM	DVD
Distancia entre pistas	1.60 μm	0.74 μm
Lonxitude mínima do pozo-chairo (3 bit)	0.834 μm	0.400 μm
Lonxitude física dun bit	0.278 μm	0.133 μm
Anchura do pozo	0.600 μm	0.320 μm
Profundidade do pozo	0.120 μm	0.110 μm
Capacidade	700 MB	?

Táboa 1
Diferentes características do CD-ROM e do DVD
Fonte:
http://stream.uen.org/medsol/dvd/pages/dvd_format_DVDvsCD.html

Facendo os mesmos cálculos que para o CD, deducimos que a lonxitude da espiral do DVD é de 11628.14 m. 11.6 km! Tendo en conta que a lonxitude do bit tamén é menor (0.133 μm), o resultado é de 5.13 GB, o cal está moi preto da capacidade dos DVD comerciais: 4.7 GB.

10. Sabendo que no CD a lonxitude de onda utilizada é de 780 nm, a partir dos datos da táboa anterior, calcula a relación anchura/lonxitude de onda e suxire unha posible lonxitude de onda para ler o DVD.

Loxicamente, necesitamos aumentar a resolución, xa que os pozos teñen menores dimensións e iso só se pode conseguir diminuindo a lonxitude de onda, no noso caso podemos afirmar que a lonxitude de onda usada debe ser menor. O profesor pode engadir que os actuais Blu-ray usan unha lonxitude de onda de 405 nm (azul-violeta).

11. Á vista da resposta anterior, poderías adiantar cal será o futuro dos posibles formatos que aparecerán?

O alumno debe responder que á vista da resposta anterior, o futuro atópase no uso de discos cuxas pistas estean máis xuntas e cuxos “bytes físicos” sexan máis pequenos; ademais, deberá engadir que a lonxitude de onda usada terá que ser aínda máis pequena: por exemplo, non é desatinado pensar que nun futuro cheguemos a ter dispositivos de almacenamento que usen radiación ultravioleta e ata raios-X.

Para acabar o profesor pode mostrar aos alumnos a seguinte táboa de características dos tres formatos de disco actuais:

	CD-ROM	DVD	Blu-ray
Distancia entre pistas	1.60 μm	0.74 μm	0.32 μm
Lonxitude mínima do pozo-chairo	0.834 μm	0.400 μm	0.150 μm
Lonxitude física dun bit	0.278 μm	0.133 μm	0.050 μm
Anchura do pozo	0.600 μm	0.320 μm	0.13 μm
Lonxitude de onda do láser no aire	780 nm	650 nm	405 nm
Capacidade (capa simple)	700 MB	4,7 GB	25 GB

Táboa 3

Diferentes características do CD-ROM e do DVD

Fonte: http://stream.uen.org/medsol/dvd/pages/dvd_format_DVDvsCD.html

12. Tendo en conta que o índice de refracción do policarbonato é de 1.5, indica a lonxitude de onda do láser neste medio se no aire é de 780 nm.

O alumno debe recordar a relación entre os índices de refracción e as velocidades de propagación nos diferentes medios para deducir que a lonxitude de onda será:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{1}{1.5} = \frac{v_2}{c}$$

$$v_2 = \frac{c}{1.5}$$

Vemos que a velocidade varía e como a frecuencia non varía, ten que modificarse a lonxitude de onda:

$$c = \lambda_1 \cdot \nu$$

$$v_2 = \lambda_2 \cdot \nu$$

$$\frac{c}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

Substituíndo:

$$\frac{1}{780} = \frac{1}{1.5 \cdot \lambda_2}$$

$$\lambda_2 = 520 \text{ nm}$$

13. A resolución dos aparellos ópticos está restrinxida pola difracción que, dependendo da apertura numérica (A_N) do sistema óptico e a lonxitude de onda da luz utilizada (λ), establece un límite definido (δ) á resolución óptica. A resolución é:

$$\delta = \lambda/2n \text{ sen } \alpha$$

Onde n é o índice de refracción do medio no que se transmite a luz e α o ángulo de abertura da lente. Na práctica podemos establecer aproximadamente a seguinte relación:

$$\delta = \lambda/2n.$$

Tendo en conta que o índice de refracción do policarbonato é de 1.5, calcula a resolución máxima que terá o sistema óptico do CD-ROM que usa unha lonxitude de onda de 780 nm

Preténdese que o alumno entenda que o tamaño ou a mínima separación entre pozos-chairos nun CD-ROM debe ser:

$$d \geq \frac{0.780}{2 \cdot 1.5} = 0.260 \text{ } \mu\text{m}$$

ⁱ Outra forma de abordar o problema é usar a expresión exacta da lonxitude dunha espiral coma do CD-ROM. A lonxitude dunha espiral que evoluciona desde certo radio a outro é:

$$s = \frac{d \cdot r \sqrt{d^2 r^2 + 1} + \operatorname{arcsenh}(d \cdot r)}{2d} - \frac{d \cdot r_0 \sqrt{d^2 r_0^2 + 1} + \operatorname{arcsenh}(d \cdot r_0)}{2d}$$

Onde r é o radio final, d é $2\pi/h$ (sendo h a distancia entre pistas) e r_0 o radio inicial. O resultado desta operación é o mesmo que o obtido pola aproximación.