

**MATERIALS DIDÀCTICS DE L'ÀREA DE
FÍSICA I QUÍMICA DEL CDEC**

**RECULL D'EXPERIÈNCIES
AMB
LÀSER**

**Autora
Marta Madrueño**

**Assessorament
Teresa Morató
Lluís Nadal**



**Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Direcció General d'Ordenació
Educativa
Centre de Documentació
i Experimentació de Ciències**

ÍNDEX

Principis Físics del Làser.....	pàg. 1
Part experimental	
Observació qualitativa de la difracció per una escletxa simple.....	pàg. 7
Observació de la difracció d'un obstacle lineal (un cabell).....	pàg. 9
Observació quantitativa de la difracció per una escletxa.....	pàg. 10
Observació qualitativa de la difracció per un diafragma.....	pàg. 11
Difracció per una XARXA.....	pàg. 15
Disc compacte com a xarxa de difracció per reflexió.....	pàg. 17
Interferències.....	pàg. 18
Observació de llum Làser polaritzada.....	pàg. 19
Efecte TYNDALL.....	pàg. 21
Fibra Òptica.....	pàg. 23
Composició de moviments.....	pàg. 24
BIBLIOGRAFIA.....	pàg. 26

LÀSER

La paraula làser és un acrònim de les paraules angleses Light amplification by stimulated emission of radiation (amplificació de llum per emissió estimulada de radiació). La llum làser és completament diferent de totes les altres fonts de llum conegudes, pel fet de ser monocromàtica, coherent i presentar una feble divergència. Tot seguit s'exposen els principis físics d'aquesta emissió.

PRINCIPIIS FÍSICS DEL LÀSER

L'EMISSIÓ ESTIMULADA

La interacció de la radiació electromagnètica amb la matèria produeix essencialment tres processos: absorció, emissió espontània i emissió estimulada o induïda. En aquest últim es basa el làser.

- * l'emissió espontània consisteix en l'emissió d'un fotó per un àtom quan un electró excitat passa d'un estat d'energia superior E_2 a un d'inferior E_1 . Aquest procés és incoherent ja que els fotons emesos surten en diverses direccions i amb fases aleatòries. La figura 1 il.lustra aquest procés.

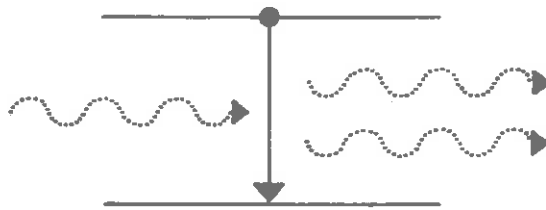


Això és el que passa en una font lluminosa normal, on els àtoms emeten fotons amb independència i el resultat és un feix de llum que és una barreja complexa de diverses ones electromagnètiques procedents dels diversos àtoms.

- * L'absorció consisteix en l'excitació d'un electró, és a dir, el pas d'un estat d'energia E_1 a un estat d'energia superior E_2 , per efecte d'un fotó incident. Aquest procés és coherent, és a dir, els fotons que van restant tenen la mateixa direcció i la mateixa fase que els originals. Les figures 2 i 3 mostren aquest procés. La coherència pel que fa a l'aspecte ondulatori del fotó es representada en la figura 4.



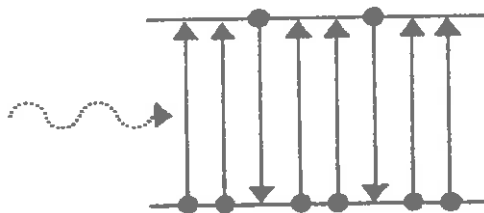
* L'emissió estimulada o induïda, desenvolupada per Einstein el 1916, conclou que si un fotó de freqüència ν incideix sobre un electró, que prèviament ha estat excitat a un estat E_2 amb una quantitat $h\nu$ d'energia, estimularà la seva caiguda al nivell E_1 , de tal manera que el resultat serà l'existència de dos fotons de la mateixa freqüència movent-se en la mateixa direcció i amb igual fase (figura 5). Si en el seu moviment es troben amb altres electrons excitats de la mateixa manera, el procés es repetirà afegint cada cop més electrons a l'original. El conjunt origina una radiació coherent. Aquest procés és equivalent a una "absorció negativa", és a dir, una amplificació.



Des del començament es va pensar que l'emissió estimulada era un procediment per amplificar la llum, però fins 40 anys després no es va utilitzar aquest principi de manera pràctica.

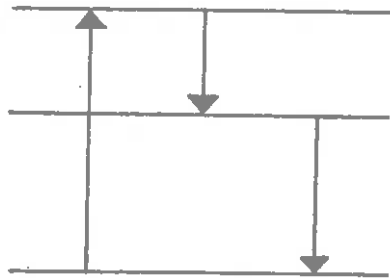
LA INVERSIÓ DE POBLACIÓ: BOMBEIG D'ELECTRONS

Normalment (en equilibri tèrmic) els estats excitats estan menys densament poblats d'electrons que els de menys energia, és a dir, $N_2 \ll N_1$, on N és el nombre d'electrons del nivell, i en conseqüència el medi és globalment absorbent (figura 6).



Per aconseguir que el procés de l'emissió estimulada sigui dominant ha d'existir en el material més àtoms excitats (que contribueixin amb fotons) que àtoms en l'estat fonamental (que els absorbeixin). El procés pel qual es té més àtoms en l'estat excitat que en el fonamental s'anomena "inversió de població"

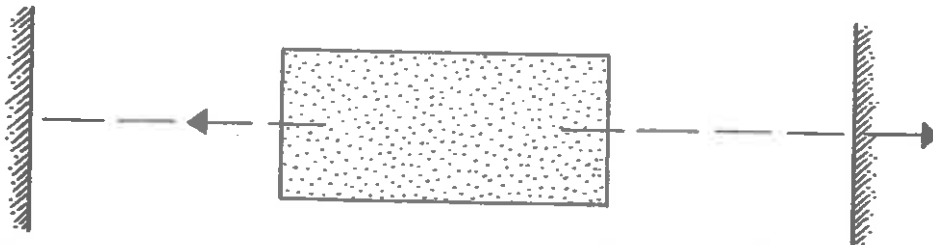
La inversió de població s'aconsegueix mitjançant una excitació exterior anomenada bombeig que es pot realitzar de diverses maneres (amb un impuls lluminós, una descàrrega elèctrica etc.). El bombeig es realitza d'acord amb l'esquema de les figures 7. La transició radiant s'anomena transició làser.



LA CAVITAT ÒPTICA

L'amplificació s'augmenta considerablement si s'obliga als fotons emesos (ones emeses) a passar diverses vegades pel mateix medi actiu (cristall de robí, gasos, etc). Llavors un gran coeficient d'amplificació pot compensar l'esmoreïment inevitable degut a l'emissió cap a l'exterior. Això es realitza en la cavitat òptica constituïda per dos miralls paral·lels (fig. 8), un del quals posseeix un petit coeficient de transmissió. Així es confinen els fotons làser en el sistema durant un mínim de temps. Aquests es reflecteixen unes quantes vegades en els miralls amplificant cada cop més la llum original tot fent que la seva intensitat augmenti de manera exponencial fins aconseguir un pols d'alta intensitat que s'emet per un dels miralls.

La separació entre els miralls és crítica ja que aquesta ha de ser exactament un nombre enter de vegades la semi-longitud d'ona, de forma que s'estableixi una cavitat òptica ressonant i la llum reflectida en ambdós miralls formi una ona estacionària. Aquesta ona estacionària fa que en els successius viatges d'anada i tornada, es mantingui la radiació en fase i el resultat sigui una llum emergent coherent.



El làser

Un làser és un dispositiu òptic (o electro-òptic) que permet crear emissió lluminosa per emissió estimulada o induïda. Està format per tres parts essencials:

- un medi actiu que amplifica una ona incident,
- una bomba que dóna energia al medi a fi de poblar els nivells excitats i realitzar una inversió de població en el medi actiu,
- un ressonador òptic, format per dos miralls paral·lels per acumular l'emissió induïda.

PROPIETATS DE LA LLUM LÀSER

- a) direccionalitat: la divergència del feix lluminós pot ser limitada al mil·liradiant.
- b) potència: és una conseqüència de la propietat anterior, tota la potència emesa per la font lluminosa està concentrada en un feix molt estret. Això permet aconseguir ones lluminoses d'intensitat molt gran.
- c) precisió de la freqüència: la freqüència o la longitud d'ona de la llum emesa es manté constant al llarg del temps i de l'espai.
- d) coherència: tots els fotons estan en fase.

TIPUS DE LÀSER

Hi ha diversos tipus de làser:

- * làser de sòlids com el de robí (Theodore Maiman va fabricar el primer làser que era de robí el 16 maig de 1960).
- * làser de gas (heli-neó) (El primer es va fabricar a finals de 1960).
- * làser de semiconductor (Es va fabricar per primera vegada en 1962).

Descriurem breument els dos últims que són els utilitzats per les aplicacions didàctiques que ens interessin.

Làser d'heli-neó

En el làser heli-neó (He-Ne) ambdós gasos (medi actiu) es troben tancats en un tub de descàrrega a una pressió de l'ordre de 10^2 Pa (10^{-3} atm). En aplicar un voltatge suficientment alt es produeix una descàrrega i les col·lisions entre els àtoms ionitzats i els electrons que transporten el corrent de descàrrega exciten els àtoms fins a diferents estats d'energia (bombeig). El ressonador és una cavitat òptica amb dos miralls. Aquest làser és de longitud d'ona de 632,8 nm (llum vermella).

Els làsers de 5 mW de potència permeten treballar amb condicions d'il·luminació suficients.

Làser de semiconductor o díode làser

Els principis físics d'un díode làser es basen en les propietats dels materials semiconductors. La llum es genera per recombinació d'un parell electró-forat en la zona d'unió pn a l'igual que passa en un díode LED. La cavitat òptica és molt petita i està formada per les cares tallades del material semiconductor.

En aquests darrers anys l'avenç de la tecnologia ha impulsat la introducció d'aquests làsers en l'electrònica de consum: reproductors de compact disc, impresores làser, lectors de codis de barres, punters làser, comunicació per fibra òptica, etc.

N'hi ha que emeten llum infraroja com els que realitzen la lectura dels discs compactes i d'altres de llum visible com els punters. Aquests darrers tenen una potència entre 1 mW i 5 mW.

PRECAUCIONS EN EL MANEIG D'UN LÀSER

En primer lloc cal tenir precaució al manipular la font d'alimentació d'un làser perquè és d'alta tensió.

La manipulació dels làser d'heli-neó o els de semiconductors que són considerats de baixa potència (5 mW com a màxim) és relativament segura.

Respecte a la pell són completament innocus, no en canvi respecte als ulls ja que són molt més sensibles.

El temps d'aversion és el necessari, aproximadament, perquè una persona esquivi (tancant els ulls i movent el cap) un feix làser que incideix sobre els seus ulls. Aquest temps és d'un quart de segon. El feix de sortida d'un làser d'1 a 5 mW té prou potència per estar per sobre del temps d'aversion i per tant no es pot mirar en cap circumstància a la sortida del feix làser. S'ha de tenir present que el dany produït sobre la retina és acumulatiu i pot causar problemes amb el pas del temps. Per tant no s'ha de mirar directament a la sortida del feix.

Cal tenir en compte que si el feix és expansionat amb una lent convergent fins un feix de 20 cm de diàmetre perd el seu caràcter perillós.

ALGUNES EXPERIÈNCIES AMB LÀSER

OBJECTIUS

Realitzar diverses experiències amb el feix làser:

- * Observar el comportament ondulatori de la llum en els fenòmens de la difracció, les interferències i la polarització.
- * Observar el llum làser a través d'una solució col·loïdal.
- * Observar composicions de moviments.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW
- * un suport amb pinça
- * dues esclatxes simples (de diferent amplada)
- * un cabell
- * un diafragma
- * una xarxa de difracció
- * dos polaritzadors
- * lent convergent amb suport
- * 3 m de fibra òptica (1 mm de diàmetre)
- * un disc compacte

ADVERTÈNCIES

- * La font d'alimentació del làser que és d'alta tensió està dins la caixa de fusta, cal anar en compte en cas de manipular el làser amb la caixa oberta.
- * La manipulació del làser d'heli-neó considerat de baixa potència (5 mW) és relativament segura. No suposa cap perill per la pell però sí pels ulls, per tant no es pot mirar en cap circumstància a la sortida del feix làser.
Cal tenir en compte que si el feix és expansionat amb una lent convergent fins un feix de 20 cm de diàmetre perd el seu caràcter perillós.
- * El feix làser tarda uns segons en aparèixer després d'haver premut l'interruptor.
- * Les observacions s'han de realitzar en una habitació que tingui possibilitat de ser enfosquida totalment.
- * Quan més a prop se situï la pantalla del làser les observacions són més lluminoses però més petites.
- * En el cas que l'objecte que es vulgui experimentar sigui més gran que el feix làser caldrà col·locar una lent convergent per ampliar la secció del feix a la sortida de l'aparell.

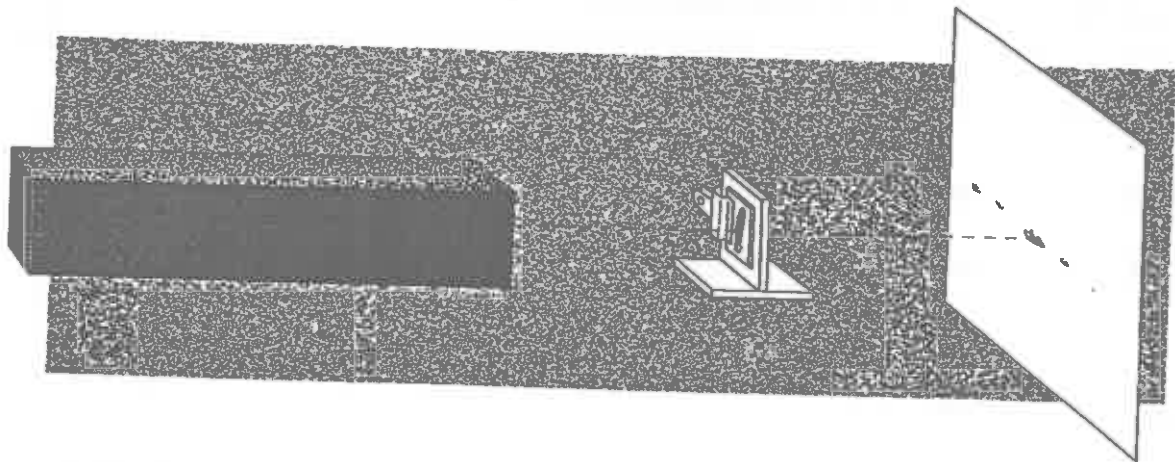
OBSERVACIÓ QUALITATIVA DE LA DIFRACCIÓ PER UNA ESCLETXA SIMPLE

OBJECTIU

Observar qualitativament el diagrama de difracció d'una escletxa. Es repetirà l'observació amb un altre escletxa de diferent amplada.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * dues escletxes simples (de diferent amplada)
- * suport universal amb pinça



Observació qualitativa amb l'escletxa més estreta

PROCEDIMENT

- * Col·locar el làser a una distància aproximada de 2 o 3 m d'una pantalla.
- * Col·locar l'escletxa simple més estreta en el suport subjectant-la amb la pinça, de forma que l'escletxa estigui vertical.
- * Col·locar-la a una distància d'uns 80 cm del làser, entre l'aparell i la pantalla.
- * Enfosquir totalment l'habitació on es realitzi l'observació.
- * Dirigir el feix del làser a l'escletxa.

OBSERVACIONS

- * En la pantalla s'observa una sèrie de taques equidistants allargades horitzontals que manifesten que el fenomen de la difracció té lloc en direcció perpendicular a l'escletxa. Les taques il·luminades són els màxims de les interferències i les fosques els mínims. La taca en la direcció del làser és el màxim central, les dues primeres equidistants del centre formen el màxim de primer ordre i les successives els de segon ordre, tercer ordre, etc.
- * La intensitat dels màxims decreix gradualment i l'amplada del màxim central és doble de les altres.
- * Quan més allunyada estigui la pantalla de l'escletxa menys lluminós és el diagrama i més separades es veuen les taques.

Observació qualitativa amb l'escletxa més ampla

PROCEDIMENT

- * Repetir els punts anteriors canviant l'escletxa per l'altra més ampla.
- * És convenient allunyar una mica més l'escletxa de la sortida del làser.

OBSERVACIONS

- * Observar que les franges de difracció són més o menys equidistants i que també la intensitat dels màxims decreix gradualment i l'amplada del màxim central és doble de les altres.

CONCLUSIONS

Quan més estreta és l'escletxa més ampla és la taca de difracció.

OBSERVACIÓ DE LA DIFRACCIÓ D'UN OBSTACLE LINEAL (UN CABELL)

OBJECTIU

- * Observar qualitativament el diagrama de difracció d'un cabell.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * un cabell
- * suport universal amb pinça

PROCEDIMENT

- * Col·locar el làser a una distància aproximada de 2 o 3 m d'una pantalla.
- * Col·locar el cabell en el suport subjectant-lo amb la pinça, de forma que el cabell estigui vertical.
- * Col·locar-lo a una distància d'uns 80 cm del làser, entre l'aparell i la pantalla.
- * Enfosquir l'habitació on es realitzi l'observació.
- * Dirigir el feix del làser al cabell.

OBSERVACIONS

- * En la pantalla s'observa una sèrie de taques equidistants allargades horitzontals que manifesten que el fenomen de la difracció té lloc en direcció perpendicular a l'objecte. Les taques il·luminades són els màxims de les interferències i les fosques els mínims. La taca en la direcció del làser és el màxim central, les dues primeres equidistants del centre formen el màxim de primer ordre i les successives els de segon ordre, tercer ordre, etc.
- * La intensitat dels màxims decreix gradualment i l'amplada del màxim central és doble de les altres.

CONCLUSIONS

- * L'observació és la mateixa que en el cas de la difracció per una escletxa. L'escletxa i l'obstacle es comporten igual en el fenomen de difracció.

OBSERVACIÓ QUANTITATIVA DE LA DIFRACCIÓ PER UNA ESCLETXA.

OBJECTIU

Determinar l'amplada de l'escletxa.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * una escletxa simple (menor amplària)
- * suport universal
- * projecteur de diapositives
- * pantalla i paper blanc
- * cinta mètrica
- * peu de rei

INFORMACIÓ

Les posicions dels mínims de difracció (zones fosques o d'intensitat zero) venen donades per $a \sin \theta = n \lambda$ $n = 1, 2, 3, \dots$

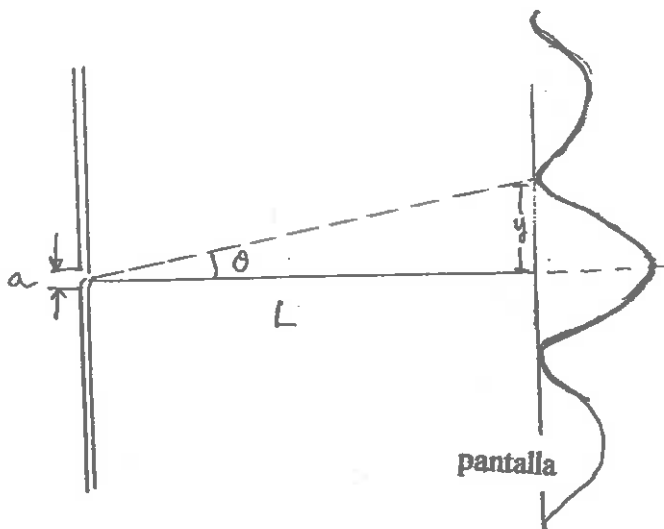
sent a l'amplada de l'escletxa.

El primer mínim correspon a $n = 1$, per tant ve donat per

a $\sin \theta = \lambda$

Si la pantalla està suficientment allunyada de l'escletxa $\sin \theta = \tan \theta$

D'acord amb el triangle $\tan \theta = \frac{y}{L}$, llavors, $\frac{\lambda}{a} = \frac{y}{L}$ i per tant $a = \frac{\lambda L}{y}$



Observació quantitatativa de la difracció per una escletxa

PROCEDIMENT

- * Col.locar la diapositiva a una distància aproximada d'uns 80 cm de la sortida del làser.
- * Col.locar l'escletxa més estreta en el suport subjectant-la amb la pinça.
- * Difractar la llum làser amb l'escletxa, posant el full de paper sobre la pantalla, col.locada suficientment lluny.
- * Assenyalar, damunt del paper, les posicions dels primers mínims simètrics de difracció (zones fosques).
- * Mesurar la distància entre els dos primers mínims simètrics.
- * Dividir aquesta distància per dos per obtenir y
- * Mesurar la distància L entre la pantalla i la diapositiva.
- * Calcular amb la fórmula a

COMPROVACIÓ (optatiu)

- * Col.locar l'escletxa (té les dimensions d'una dispositiva) en el projector de diapositives i projectar-la sobre una pantalla.
- * Mesurar en la pantalla el gruix de l'escletxa (a_2) amb el peu de rei.
- * Assenyalar en el quadre de l'escletxa dues marques amb un retolador. Mesurar la separació entre les marques (x_1)
- * Projectar de nou i mesurar la distància entre les dues marques en la pantalla (x_2)
- * Calcular l'amplada de l'escletxa (a) per proporcionalitat:

$$a = \frac{x_1 a_2}{x_2}$$

OBSERVACIÓ QUALITATIVA DE LA DIFRACCIÓ PER UN DIAFRAGMA

OBJECTIU

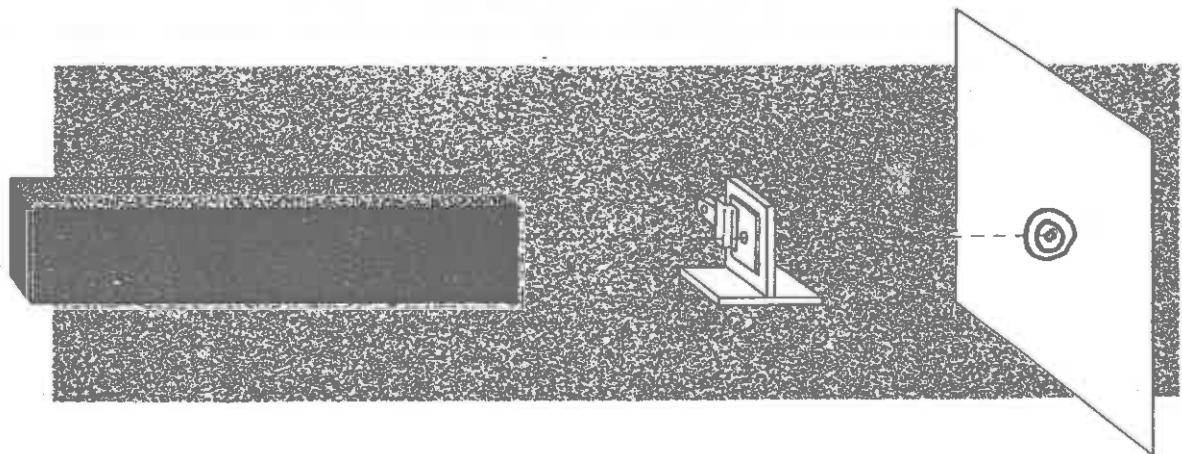
Observar qualitativament el diagrama de difracció per un diafragma (forat).

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * diafragma
- * suport universal amb pinça

PROCEDIMENT

- * Col·locar el làser a una distància aproximada de 2 o 3 m d'una pantalla.
- * Col·locar el diafragma en el suport subjectant-lo amb la pinça.
- * Col·locar-lo a una distància d'uns 80 cm del làser, entre l'aparell i la pantalla.
- * Enfosquir totalment l'habitació on es realitzi la observació.
- * Dirigir el feix del làser al diafragma.



OBSERVACIONS

- * Observar el diagrama molt a prop de la pantalla.
- * En la pantalla s'observa una sèrie d'anells de difracció concèntrics. Els anells il·luminats són els màxims i els foscos són els mínims. L'anell en la direcció del làser és el màxim central, el primer anell concèntric és el màxim de primer ordre i els successius són els de segon ordre, tercer ordre, etc. (si l'habitació on es realitza la observació no està totalment enfosquida hi ha dificultat per veure els anells superiors al segon)
- * La intensitat dels màxims decreix gradualment.
- * Quan més lluny està la pantalla del diafragma els anells estan més separats però es veuen menys lluminosos.

OBSERVACIÓ QUANTITATIVA LA DIFRACCIÓ PER UN DIAFRAGMA

OBJECTIU

Determinar el diàmetre del diafragma.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * diafragma
- * suport universal
- * projecteur de diapositives
- * pantalla i paper blanc
- * peu de rei
- * cinta mètrica

INFORMACIÓ

La posició dels tres primers anells foscos (mínims de difracció) venen donades per:

$$\sin \theta_1 = 1,22 \frac{\lambda}{d}$$

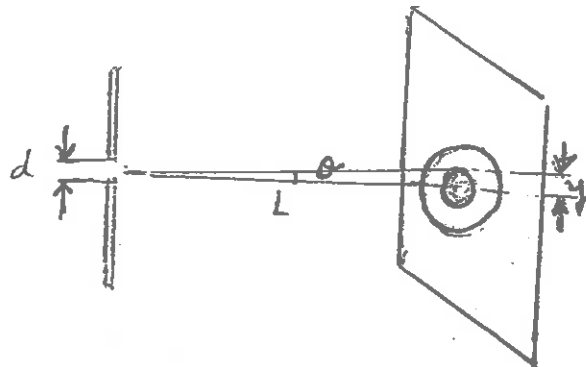
$$\sin \theta_2 = 2,23 \frac{\lambda}{d}$$

$$\sin \theta_3 = 3,23 \frac{\lambda}{d}$$

sent d el diàmetre del diafragma.

Si la pantalla està suficientment allunyada de l'escletxa $\sin \theta = \operatorname{tg} \theta$

D'acord amb el triangle $\operatorname{tg} \theta = \frac{y}{L}$, llavors, $1,22 \frac{\lambda}{d} = \frac{y}{L}$ i per tant $d = \frac{1,22 \lambda L}{y}$



Observació de la difracció per un diafragma

PROCEDIMENT

- * Col·locar la diapositiva a una distància aproximada d'uns 80 cm de la sortida del làser.
- * Difractar la llum làser pel diafragma, posant el full de paper sobre la pantalla, col·locada suficientment lluny.
- * Assenyalar, damunt del paper, les posicions dels primers mínims simètrics de difracció (zones fosques).
- * Mesurar la distància entre els dos primers mínims simètrics. Dividir aquesta distància per dos per obtenir y (radi del primer mínim)
- * Mesurar la distància L entre la pantalla i la diapositiva.
- * Calcular amb la fórmula el diàmetre del diafragma.

COMPROVACIÓ (Optatiu)

- * Col·locar el diafragma (té les dimensions d'una dispositiva) en el projector de diapositives i projectar-lo sobre una pantalla.
- * Mesurar en la pantalla el diàmetre del diafragma (d_2) amb el peu de rei.
- * Assenyalar en el quadre del diafragma dues marques amb un retolador. Mesurar la separació entre les marques (x_1)
- * Projectar de nou i mesurar la distància entre les dues marques en la pantalla (x_2)
- * Calcular el diàmetre del diafragma (d) per proporcionalitat:

$$d = \frac{x_1 d_2}{x_2}$$

DIFRACCIÓ PER UNA XARXA

OBJECTIU

Observar el diagrama de difracció produït per una xarxa.

MATERIAL

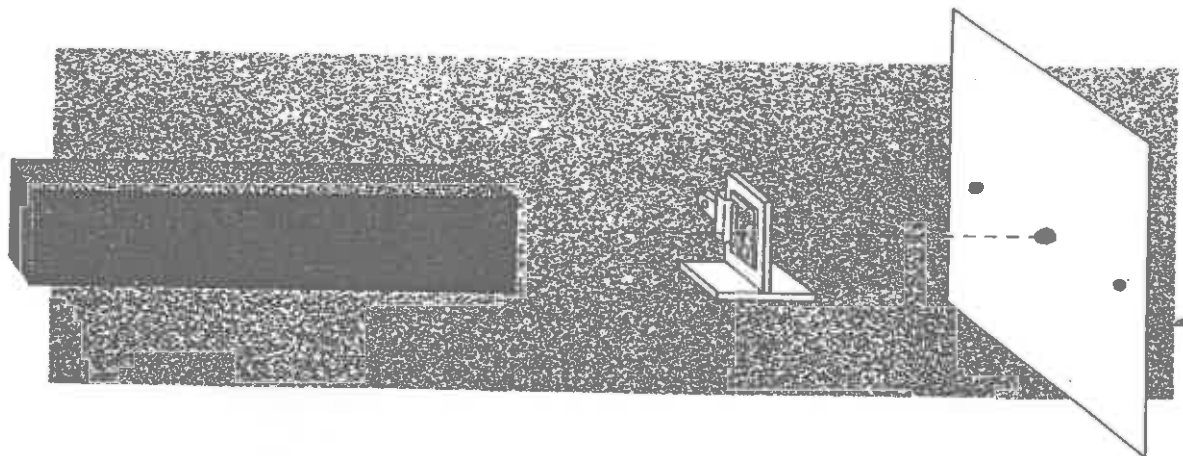
- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW
- * xarxa de difracció de 600 línies/mm
- * suport universal

INFORMACIÓ

Una xarxa de difracció és una successió alternada de línies gravades, paral·leles i espaiades per igual.

PROCEDIMENT

- * Col·locar el làser a una distància aproximada de 2 o 3 m d'una pantalla.
- * Col·locar la xarxa en el suport subjectant-la amb la pinça, de forma que estigui vertical.
- * Col·locar-la a una distància d'uns 80 cm del làser, entre l'aparell i la pantalla.
- * Dirigir el feix del làser a la xarxa.
- * Mantenir l'habitació on es realitzi l'observació en penombra.



OBSERVACIONS

- * En la pantalla s'observa que el diagrama de difracció es produeix en direcció perpendicular a les franges de la xarxa. Aquest diagrama consisteix en un gran nombre de punt lluminosos anomenats ordres (hi ha el màxim central i màxims a ambdues bandes espaiats regularment, 1r ordre, 2n ordre, etc).
- * La intensitat dels màxims decreix gradualment i l'amplada del màxim central és doble de les altres.
- * Quan més allunyada estigui la pantalla de l'escletxa menys lluminós és el diagrama i més separades es veuen les taques.

INTERFERÈNCIES

OBJECTIU

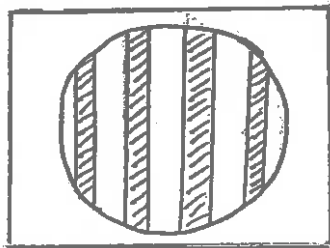
Observar el diagrama d'interferències produït per dos feixos làser, l'un reflectit sobre la cara de davant d'un cobreobjectes i l'altre reflectit per la cara del darrera.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * lent convergent amb suport
- * vidre cobreobjectes
- * pinça de fusta

PROCEDIMENT:

- * Dispersar el feix làser amb una lent convergent que es col.loca a la sortida del làser a fi de que la secció del feix làser augmenti.
- * Dirigir el làser un cop travessi la lent a un cobreobjectes que es pot subjectar amb una pinça de fusta directament amb la mà de manera que es reflecteixi en ell. Es produeixen dues reflexions una en la cara anterior i l'altra en la cara posterior del cobreobjectes. Els feixos reflectits interfereixen.



OBSERVACIONS

- * En la pantalla s'observa un diagrama d'interferències amb un seguit de màxims i mínims intercalats. Els màxims són tots d'igual intensitat a diferència del fenomen de difracció en què aquests perden intensitat.

DISC COMPACTE COM A XARXA DE DIFRACCIÓ PER REFLEXIÓ

OBJECTIU

Observar el diagrama de difracció produït per reflexió sobre un disc compacte.

MATERIAL

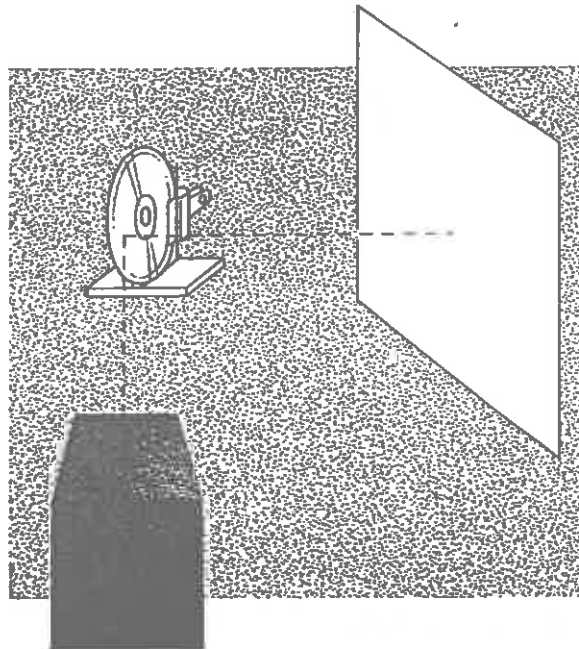
- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW
- * disc compacte

INFORMACIÓ

Un disc compacte es llegeix amb un feix làser, generat per un làser semiconductor, des del centre cap a les vores. Entre els passos successius hi ha una distància de $1,6 \mu\text{m}$. Si es produeix sobre el disc compacte la reflexió del feix làser es comporta com una xarxa de 625 línies/mm.

PROCEDIMENT

- * Mantenir l'habitació on es realitzi l'observació en penombra.
- * Subjectar el disc compacte amb la ma.
- * Dirigir el feix del làser al disc compacte de forma que es reflecteixi sobre una pantalla.



OBSERVACIONS

- * Es veu el màxim de 1r ordre.
- * Si la distància a la pantalla es petita s'arriba a veure el de 2n ordre ja que a distàncies curtes el diagrama és més lluminós i més junt.

OBTENCIÓ DE LLUM DE LÀSER POLARITZADA

OBJECTIU

Obtenció d'un feix làser polaritzat i observar la llum al travessar dos polaritzadors successius.

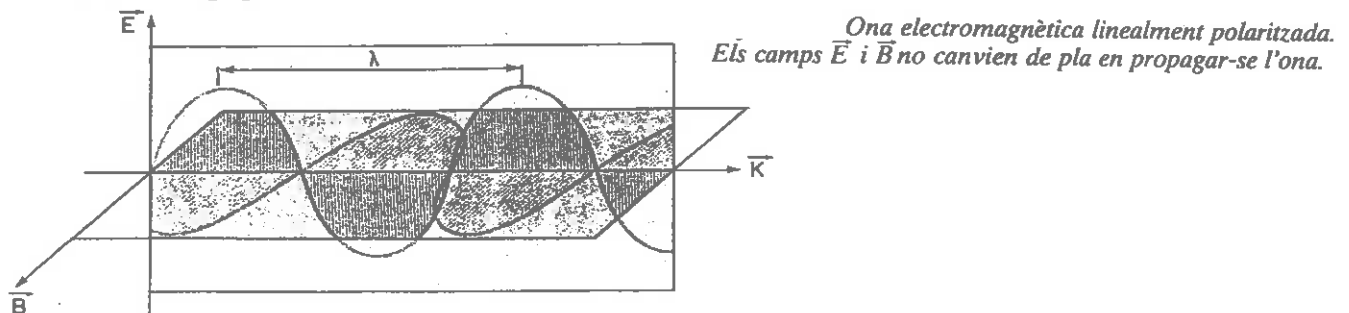
MATERIAL:

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * dos polaritzadors
- * suport

INFORMACIÓ

Una ona electromagnètica, en aquest cas la llum làser, és una ona transversal que consisteix en la propagació de la pertorbació de dues magnituds vectorials, un camp elèctric i un camp magnètic perpendiculars entre ells i ambdós perpendiculars a la direcció de propagació de l'ona. El camp elèctric perpendicular al camp magnètic que origina la ona lluminosa vibra a l'atzar en qualsevol direcció, sempre perpendicular a la direcció de propagació de l'ona.

Es diu que una ona electromagnètica, en aquest cas la de la llum làser, està linealment polaritzada quan el camp elèctric es troba sempre en el mateix pla en tots els punts d'una direcció de propagació donada.



Un polaritzador és un dispositiu que polaritza linealment una ona, per absorció. El polaritzador que emprarem és una pel·lícula anomenada "Polaroid", cada polaritzador té un eix anomenat eix de transmissió. Quan incideix llum sobre el polaritzador s'eliminen totes les ones en las quals la direcció de vibració del camp elèctric no és la de l'eix de transmissió. La llum transmesa, per tant, estarà polaritzada linealment amb el seu camp elèctric dirigit en la direcció de l'eix de transmissió.

PROCEDIMENT

- * Col·locar un dels dos polaritzadors verticalment (eix de transmissió vertical) en el suport, a la sortida del làser.
- * Col·locar, després, el segon polaritzador darrera del primer, subjectant-lo amb la ma.

OBSERVACIONS

* El feix obtingut al travessar el làser el primer polaritzador perd intensitat, és un feix polaritzat. La pèrdua d'intensitat es deguda a que s'eliminen totes les ones que no vibren en el pla seleccionat (en aquest cas pla vertical).

* Al col·locar un altre polaritzador s'observa:

- a) que el feix no s'altera si aquest segon té l'eix de transmissió paral·lel al primer.
 - b) fosc si l'eix del segon polaritzador està perpendicular al primer.
 - c) una seqüència gradual de més a menys intensitat de llum, a l'anar girant l'eix del segon polaritzador respecte a l'eix del primer (des de mantenir-los paral·lels fins a creuar-los).
- * Aquestes observacions es poden també realitzar amb qualsevol altre tipus de llum (llum del Sol, d'una bombeta incandescent, etc.)

EFFECTE TYNDALL

OBJECTIU

Observar el comportament de la llum en una dissolució col·loïdal.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * dos vasos de precipitats
- * Solució de midó al 1 %

INFORMACIÓ

Es considera que una dissolució és col·loïdal quan conté partícules entre $1 \cdot 10^9 \text{ m}$ i $2 \cdot 10^7 \text{ m}$. Aquestes dissolucions travessen filtres ordinaris i ni a ull nu ni amb microscopi es poden distingir les partícules en dissolució. No obstant il·luminant-les lateralment les partícules es fan visibles mitjançant minúsculs i no diferenciats punts de llum. Aquest fenomen es coneix com efecte Tyndall.

L'efecte Tyndall està produït per la reflexió i la refracció de la llum, és a dir, per la dispersió de la llum per les partícules col·loïdals. Aquesta dispersió es produeix per partícules més petites que la longitud d'ona de la llum.

PROCEDIMENT

- * Omplir un vas de precipitats amb aigua destil·lada i un altre amb una solució de midó.
- * Posar-los alineats davant del làser a uns 80 cm aproximadament.

OBSERVACIONS

- * El feix no es veu en el vas d'aigua destil·lada i si es veu en la solució de midó. (en cas de veure'l una mica en l'aigua es degut a la pols en suspensió)
- * En l'aire es pot veure el feix làser si l'ambient està enrarit per aconseguir-ho es pot fer amb el fum d'una cigarreta (és una dissolució col·loïdal).

CONCLUSIONS

- * La solució de midó és una solució col·loïdal.

COMPOSICIÓ DE MOVIMENTS

OBJECTIU

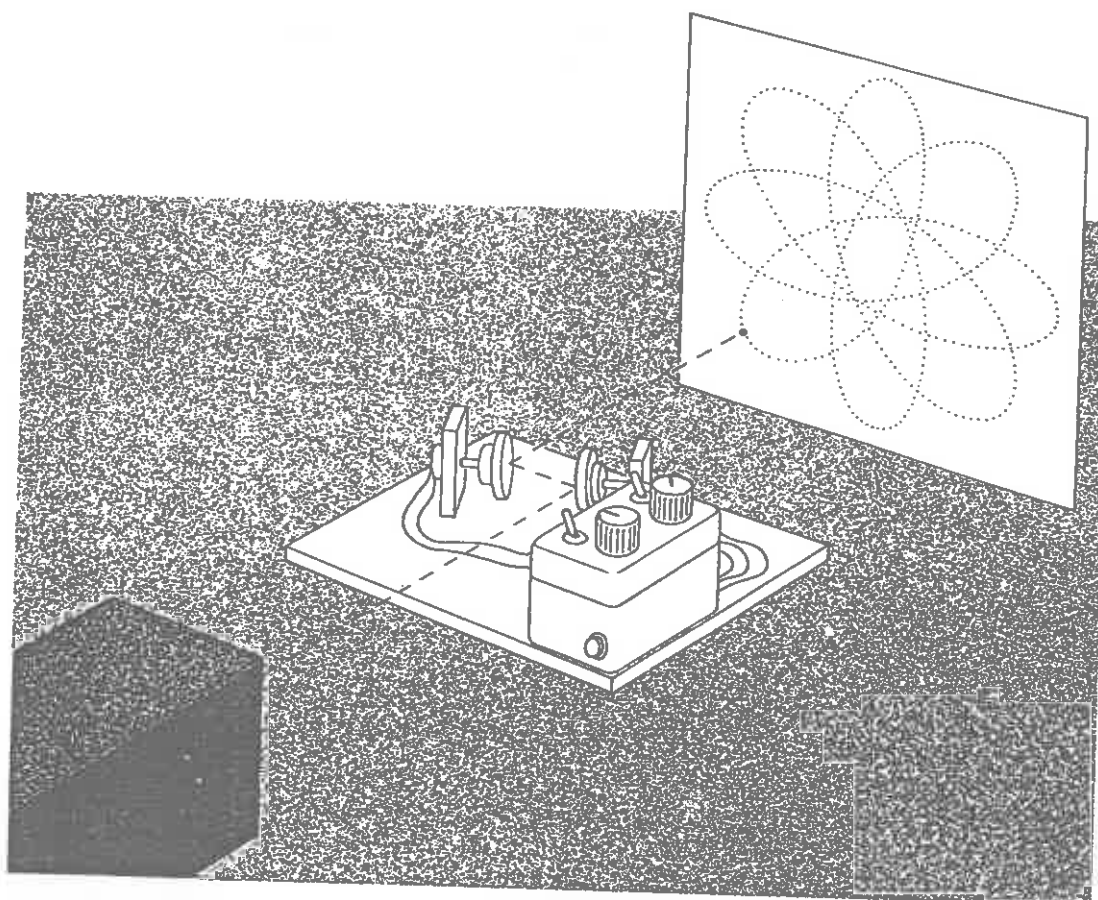
Observar les figures que forma el feix làser després de reflectir-se en dos miralls, que poden girar de diverses maneres.

MATERIAL

- * làser He-Ne (632,8 nm) de 5 mW,
- * suport amb miralls rotatoris

INFORMACIÓ

En el suport hi ha col·locats dos miralls acoblats amb respectius motors a fi d'aconseguir el seu moviment. Dos potencímetres permeten regular la velocitat de cada motor i un interruptor selecciona el seu sentit de gir (en igual o en sentit contrari).



PROCEDIMENT

- * Col·locar el làser a una distància aproximada de 2 o 3 m d'una pantalla.
- * Col·locar el suport amb els miralls davant la sortida del làser de forma que el feix segueixi la trajectòria indicada sobre la fusta (no importa la distància a la que es col·loca de l'aparell). Cal que els miralls estiguin aliniats a fi de que el feix reflectit en el primer mirall incideixi en el segon.
- * Mantenir l'habitació en penombra.
- * Endollar.
- * Seleccionar el sentits de gir que es desitgi i les diferents velocitats. Cal començar seleccionant les velocitats màximes a fi de que els motors s'engeguin.

OBSERVACIONS

- * Observar les figures resultants.
- * Es pot veure que a vegades un moviment complicat es pot explicar per composició de moviments senzills.
- * Quan més a prop es situï la pantalla de la sortida del làser les figures són menors però més lluminoses.

BIBLIOGRAFIA

- * "Física Universitaria" Sears, Zemansky, Young. Addison-Wesley Iberoamericana.
- * "Física Fundamental y aplicaciones" Robert M. Eisberg, Lawrence S. Lerner. McGraw-Hill.
- * "La fotografía" John Iovine. Serie McGraw-Hill
- * *Tippler*

