ASIMOV

INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN

PROBLEMAS TOMADOS EN FINALES

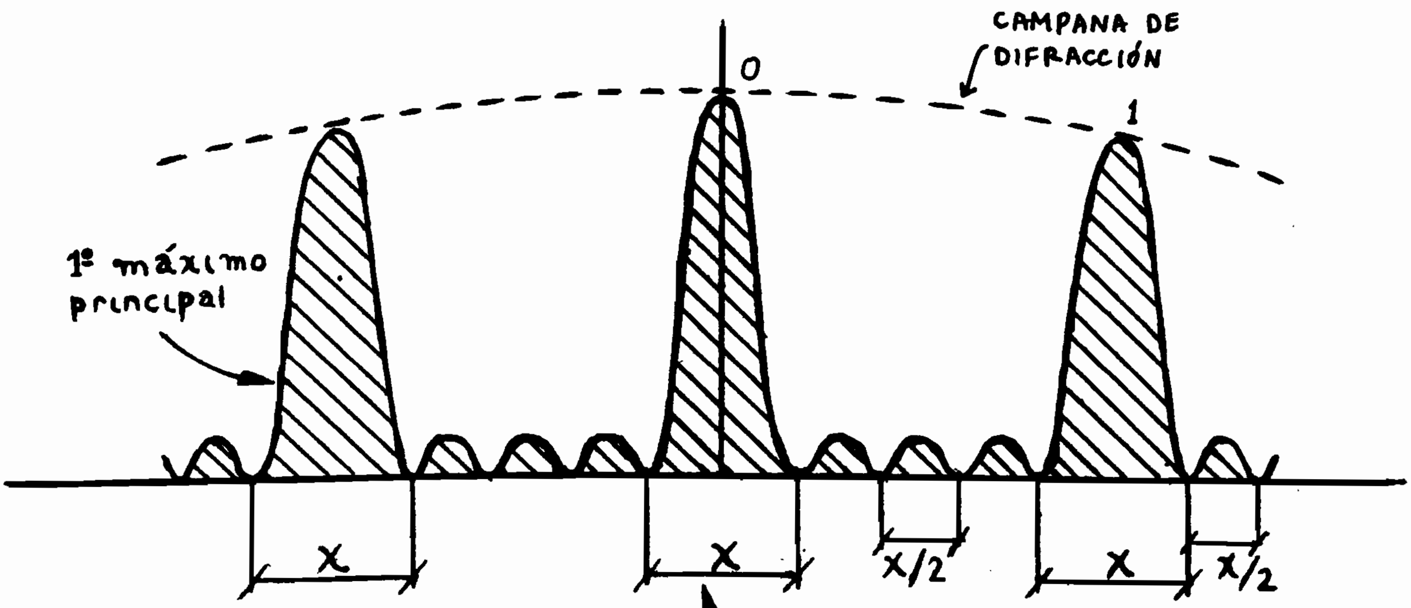


DIAGRAMA CON
5 RENDIJAS

INTERFERENCIA

ALGO DE TEORÍA

La INTERFERENCIA ES EL EFECTO QUE SE PRODUCE CUANDO SE SUPERPONEN LAS ONDAS LUMINOSAS QUE PROVIENEN DE:

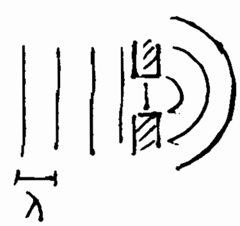
- FUENTES PUNTUALES
- ABERTURAS DE ANCHO **a**
- RANURAS DE UNA RED DE DIFRACCIÓN

¿QUÉ ES UNA FUENTE PUNTUAL?

UNA FUENTE PUNTUAL NO ES NADA.
LAS FUENTES PUNTUALES NO EXISTEN.
SIN EMBARGO, DESDE EL PUNTO DE VISTA MATEMÁTICO UNA FUENTE PUNTUAL ES UN PUNTO QUE EMITE ONDAS DE LUZ.
EN CIERTOS CASOS UNA ABERTURA MUY FINITA SE COMPORTA APROXIMADAMENTE COMO SI FUERA UNA FUENTE PUNTUAL. DE AHI VIENE EL ASUNTO.
TE HAGO UN DIBUJITO PARA QUE LO VEAS MEJOR:

UNA FUENTE PUNTUAL

LA COSA ES QUE CUANDO LA LUZ PASA POR UNA ABERTURA SE CURVA. (A ESTE HECHO DE QUE LA LUZ SE CURVE CUANDO PASA A TRAVÉS DE AGUJERITOS CHIQUITOS SE LO LLAMA DIFRACCIÓN).
SI EL AGUJERITO ES MUY CHIQUITO (DEL ORDEN DE LA LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ INCIDENTE) ESTA ABERTURA SE COMPORTA COMO SI FUERA UNA FUENTE PUNTUAL.

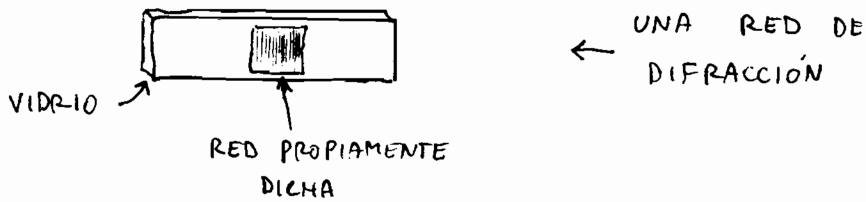


UNA RANURA COMPORTÁNDOSE COMO UNA FUENTE PUNTUAL

¿Y UNA RED DE DIFRACCIÓN QUÉ ES?

UNA RED DE DIFRACCIÓN ES UN MONTÓN DE RANURAS PUESTAS UNA AL LADO DE LA OTRA. COMO EL ANCHO DE ESTAS RANURAS ES DEL ÓRDEN

DE LA LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ, C/ RANURA SE COMPORTA COMO UNA FUENTE PUNTUAL.
UNA RED DE DIFRACCIÓN A ESCALA REAL SERÍA ALGO ASÍ:



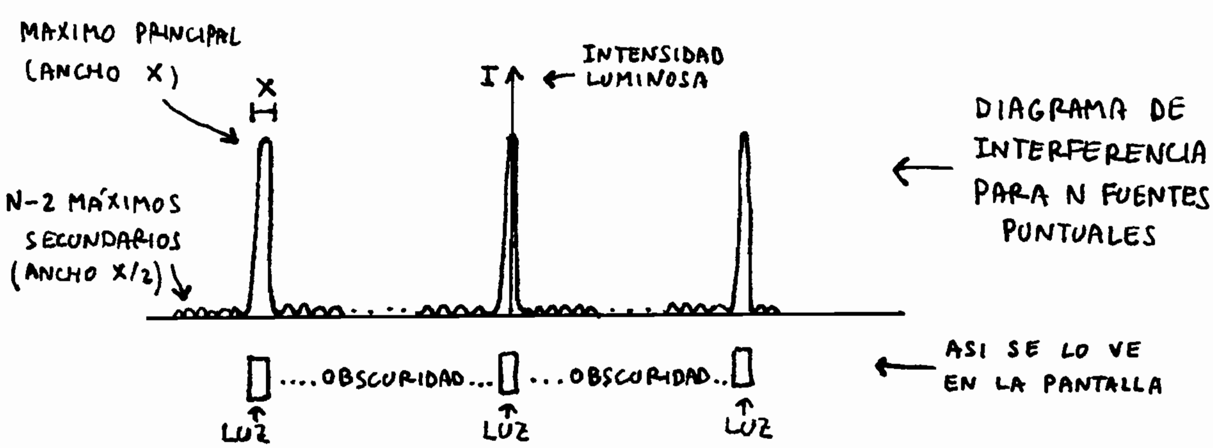
(PODÉS IR AL LABORATORIO Y PEDIR QUE TE MUESTREN UNA)
EL ASUNTO ES QUE AL COMPORTARSE CADA ABERTURA COMO UNA FUENTE PUNTUAL, EL EFECTO DE TODAS ESTAS FUENTES SE SUPERPONE Y TENGO INTERFERENCIA. (POR ESO ELLOS DICEN QUE A LAS REDES DE DIFRACCIÓN SE LAS PODRÍA LLAMAR REDES DE INTERFERENCIA)

DE TODO ESTO LO QUE TENÉS QUE ENTENDER ES QUE SI EN UN PROBLEMA ME HABLAN DE 138 FUENTES PUNTUALES o 138 ABERTURAS o DE UNA RED DE DIFRACCIÓN CON 138 RANURAS, LOS PROBLEMAS SON IGUALES Y LOS PUEDO RESOLVER DE LA MISMA MANERA.

DIAGRAMAS DE INTERFERENCIA

¿QUÉ HACE LA LUZ DESPUÉS DE PASAR POR UNA RED o POR UNA RANURA? BUENO, INTERFIERE Y PEGA EN LA PANTALLA FORMANDO UNOS DIBUJOS MEDIOS RAROS QUE SE LLAMAN DIAGRAMAS DE INTERFERENCIA.

ACÁ TE PONGO EL TÍPICO DIAGRAMA DE INTERFERENCIA PRODUCIDA POR N FUENTES PUNTUALES o N RENDIJAS o UNA RED DE DIFRACCIÓN CON N RANURAS.



ESTE DIAGRAMA ES EL QUE TENÉS QUE CONOCER BIEN PARA ENTENDER LOS PROBLEMAS VIENEN DESPUÉS.

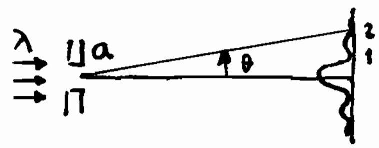
Para poder resolver los problemas de Interferencia y difracción tenés que saber bien las condiciones de máximo y de mínimo. Acá van:

DIFRACCIÓN

CONDICIÓN DE MÍNIMO: $a . \text{sen}\, \theta = n \lambda$ $\quad n = 1, 2, 3$ ETC.

ANCHO DE LA RANURA — ÁNGULO FORMADO EN LA PANTALLA. — Nº DE MÍNIMO — LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ INCIDENTE.

CONDICIÓN DE MÁXIMO: NO HAY.



INTERFERENCIA

CONDICIÓN DE MÁXIMO: $d \,\text{sen}\, \theta = m \lambda$ $\quad$ ($m = 1, 2, 3 \ldots$ ETC).

CONDICIÓN DE MÍNIMO: $d \,\text{sen}\, \theta = m \dfrac{\lambda}{N}$ $\quad$ (m ENTERO NO MÚLTIPLO DE N).

EN ESTAS 2 FÓRMULAS:

d = DISTANCIA ENTRE LAS FUENTES.
θ = ÁNGULO FORMADO EN LA PANTALLA.
m = Nº DE MÁXIMO O MÍNIMO.
N = Nº DE FUENTES PUNTUALES.

LA CONDICIÓN DE MÍNIMO $d \,\text{sen}\, \theta = m \lambda / N$ HAY QUE DEDUCIRLA USANDO EL DIAGRAMA FASORIAL. EL HECHO DE QUE LA CONDICIÓN DE MÁXIMO DE INTERFERENCIA $d \,\text{sen}\, \theta = m \lambda$ SEA "IGUAL" A LA DE MÍNIMO DIFRACCIÓN $a \,\text{sen}\, \theta = m \lambda$ ES SÓLO CASUALIDAD.

FIN MINI_RESUMEN DE LA TEORÍA

INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN - Problemas tomados en exámenes.

1. El diseño de difracción recibido en una pantalla a 1m de una única rendija tiene el máximo central limitado por franjas obscuras separadas 2,00 mm. La longitud de onda de la luz es de 6000 Å. ¿Cuánto vale el ancho de la rendija?.

EN ESTE PROBLEMA HAY UNA SOLA RENDIJA. ESO QUIERE DECIR QUE VA A HABER SÓLO DIFRACCIÓN. (PARA QUE HAYA INTERFERENCIA TIENE QUE HABER 2 o MÁS RENDIJAS o 2 o MÁS FUENTES PUNTUALES).

¿DIJE DIFRACCIÓN? ENTONCES a POR SENO DE TITA IGUAL A ENE LAMBDA. ($a \operatorname{sen} \theta = m\lambda$). SÉ QUE VOY A TENER QUE APLICAR ESTA FÓRMULA PORQUE ES LA ÚNICA QUE HAY PARA DIFRACCIÓN. EL ASUNTO ES SABER COMO USARLA Y SOBRE TODO **HACER EL DIAGRAMA**.

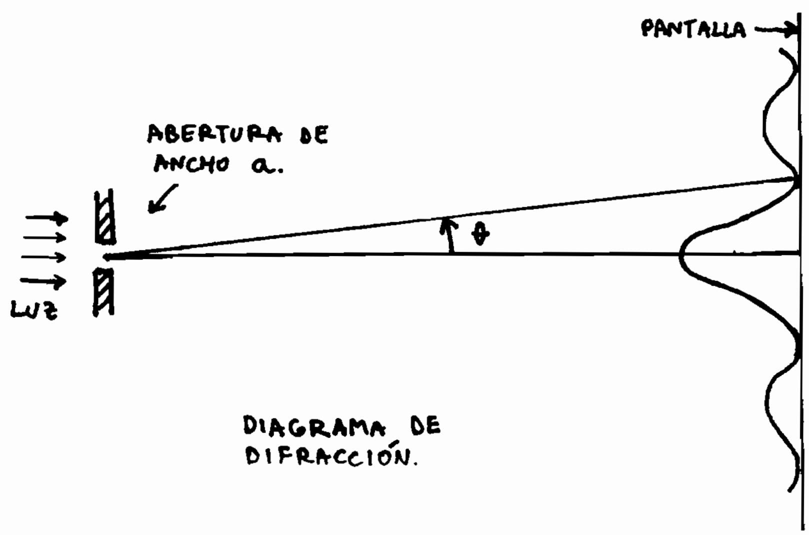


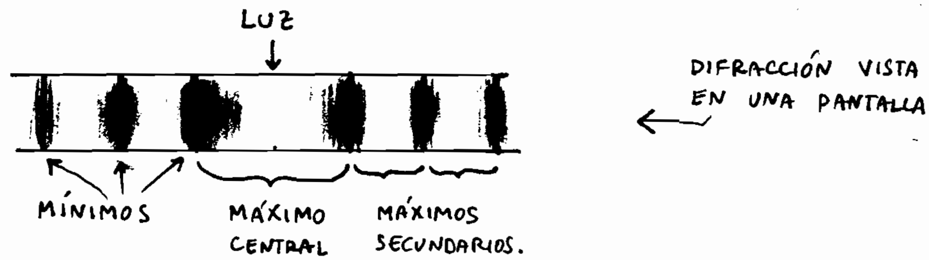
DIAGRAMA DE DIFRACCIÓN.

ESTE GRÁFICO MUESTRA COMO VARÍA LA INTENSIDAD DE LA LUZ QUE PEGA EN LA PANTALLA EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO TITA, o LO QUE ES LO MISMO, DE LA DISTANCIA AL MÁXIMO CENTRAL. SE LO SUELE LLAMAR FIGURA DE DIFRACCIÓN, DIAGRAMA DE DIFRACCIÓN o PATRÓN DE DIFRACCIÓN. (PATRÓN EN ESTE CASO SIGNIFICA DIBUJO o DISEÑO).

LO QUE ME INDICA ESTE GRÁFICO ES COMO SE DISTRIBUYE LA LUZ EN LA PANTALLA. LAS MONTAÑAS MARCAN LOS LUGARES DONDE HAY MUCHA LUZ (FRANJAS BRILLANTES).

LAS HONDONADAS SEÑALAN LOS LUGARES DONDE NO HAY NADA DE LUZ (FRANJAS OBSCURAS).

VISTO EN LA REALIDAD, EL DIBUJO DE DIFRACCIÓN DE UNA SOLA RANURA SERÍA ASÍ:



DE ESTE DIAGRAMA TENÉS QUE SABER LO SIGUIENTE:

<u>MINIMOS</u>: FRANJAS OBSCURAS QUE APARECEN A LA IZQUIERDA Y A LA DERECHA DEL MÁXIMO CENTRAL. EN TEORÍA NO TIENEN ANCHO. SE LOS LLAMA SEGÚN EL ORDEN DE APARICIÓN (1ro, 2do, 3ro, etc).

<u>MÁXIMOS</u>: FRANJAS BRILLANTES QUE TIENEN EL MISMO ANCHO SALVO LA DEL CENTRO QUE MIDE EL DOBLE QUE TODAS LAS DEMÁS. LA FRANJA DEL MEDIO SE LLAMA MÁXIMO CENTRAL. LAS DEMÁS, MÁXIMOS SECUNDARIOS. SE LOS DESIGNA SEGÚN SU ORDEN DE APARICIÓN (1ro, 2do, 3ro, etc). EL MÁXIMO CENTRAL ES MUCHO MAS BRILLANTE QUE LOS SECUNDARIOS. LA INTENSIDAD DE LOS MÁXIMOS SECUNDARIOS NO ES PARA TODOS LA MISMA SINO QUE VA DECRECIENDO SEGÚN EL Nº DE MÁXIMO.

La POSICIÓN DE LOS MÍNIMOS VIENE DADA POR LA FÓRMULA $a \operatorname{sen} \theta = m \lambda$. A ESTA EXPRESIÓN SE LA LLAMA CONDICIÓN DE MÍNIMO DE DIFRACCIÓN.
EN DONDE:

$$a \cdot \operatorname{Sen} \theta = m \lambda$$

← CONDICIÓN DE MÍNIMO DE DIFRACCIÓN

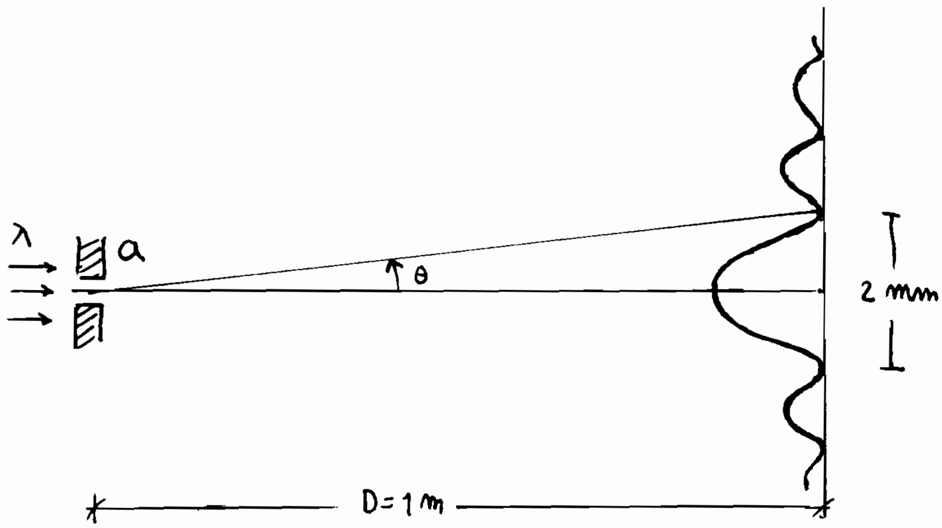
- a: ANCHO DE LA RENDIJA.
- θ: ÁNGULO PARA EL CUAL SE PRODUCE ESE MÍNIMO
- m: Nº DE MÍNIMO (1ro, 2do 3º, etc)
- λ: LONG. DE ONDA DE LA LUZ INCIDENTE

EN DIFRACCIÓN NO HAY CONDICIÓN DE MÁXIMO. PARA SABER LA UBICACIÓN DE UN MÁXIMO SECUNDARIO SE BUSCA LA POSICIÓN DE LOS 2 MÍNIMOS QUE ESTÁN AL LADO Y SE DICE QUE ESE MÁXIMO ESTARÁ COMPRENDIDO ENTRE ESOS 2 MÍNIMOS. (ASÍ NADA MÁS).

VOLVIENDO AL PROBLEMA:

DATOS:

ANCHO DEL MÁXIMO CENTRAL:
(= DISTANCIA ENTRE 2 MÍNIMOS) = 2 mm
$\lambda = 6000\ \mathring{A}$
$D = 1\ m$
$a = ?$



PUEDO CALCULAR EL ÁNGULO θ COMO:

$$tg\ \theta = \frac{1\ mm}{1\ m} = \frac{1\ mm}{1000\ mm} = 0{,}001$$

$$\Rightarrow \theta = 0{,}05729° \Rightarrow \underline{sen\ \theta = 0{,}001}$$

El sen θ dió igual que la tg θ. Esto pasa por que el ángulo es tan chico que la hipotenusa y el cateto adyacente miden casi lo mismo. De ahora en adelante voy a suponer siempre que $sen\ \theta \simeq tg\ \theta$ cuando los ángulos sean chicos. (Menores que 5°, digamos).

ENTONCES:

$$a \cdot sen\ \theta = m\ \lambda \Rightarrow a = \frac{m\ \lambda}{sen\ \theta}$$

El sen de θ ya lo calculé. Ene vale 1 (1er mínimo) y lambda 6.000 amstrongs ($1\ \mathring{A} = 10^{-8}\ cm$).

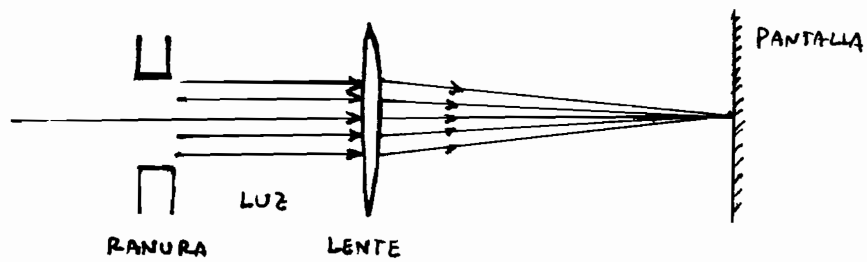
ENTONCES:

$$a = \frac{1 \cdot 6.000 \times 10^{-8}\ cm}{0{,}001} = 0{,}06\ cm$$

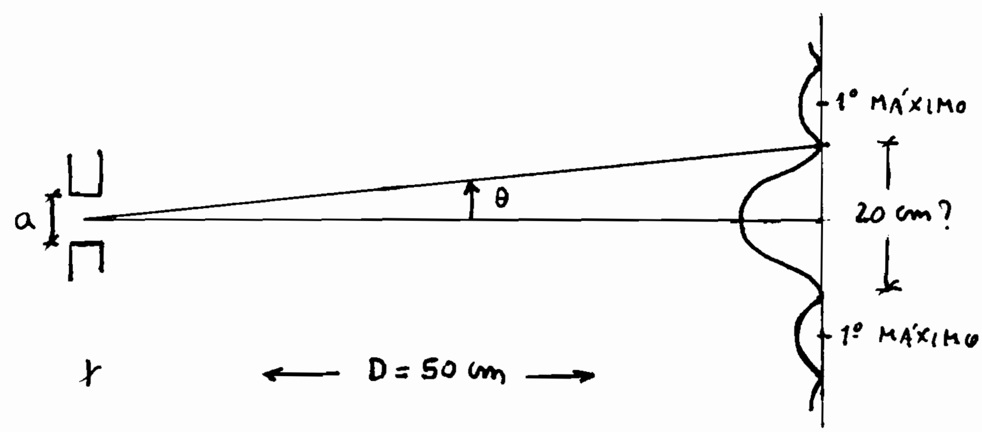
$$\Rightarrow \underline{a = 0{,}6\ mm} \longleftarrow$$ ANCHO DE LA RANURA

2.-Una ranura de ancho d se coloca frente a una lente de 50 cm de distancia focal y se ilumina normalmente con luz de longitud de onda igual a 5890 Å. Los primeros máximos de cada lado del máximo central de la figura de difracción observada en elplano focal de la lente estan separados 20 cm. ¿Cuál es el valor de d?. Fundamentar la respuesta.

EN ESTE PROBLEMA HAY UNA SOLA RANURA. EL DIAGRAMA FORMADO EN LA PANTALLA SERÁ EL DE DIFRACCIÓN.
LA LENTE LA PONEN PARA QUE LA IMAGEN SE FORME A 50 cm (Y NADA MÁS). (LA LENTE EN SÍ NO MODIFICA PARA NADA EL PROBLEMA).
ES DECIR, LO QUE TENGO ES ÉSTO:

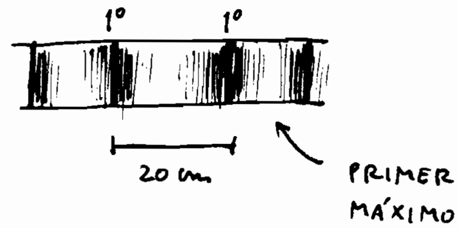


A ESTE TIPO DE DIFRACCIÓN EN DONDE SE COLOCA UNA LENTE PARA QUE LOS RAYOS CONVERJAN EN LA PANTALLA, SE LA LLAMA DIFRACCIÓN DE FRAUNHOFER.
HAYA LENTE O NO HAYA LENTE PUEDO ESQUEMATIZAR LO QUE PLANTEA EL PROBLEMA ASÍ:



SEGÚN LO QUE YO INTERPRETO DEL PROBLEMA, LA DISTANCIA DE 20 cm ES LA QUE MARQUÉ EN EL DIBUJO. EL ENUNCIADO DICE QUE LOS MÁXIMOS DE ORDEN 1 ESTAN SEPARADOS 20 cm PERO NO INDICA SI ESA DISTANCIA VA DE CENTRO A CENTRO O DE EXTREMO A EXTREMO.
BUENO, EN REALIDAD NO ES TAN IMPORTANTE. ALCANZA CON INDICARLO EN EL DIBUJO QUE UNO HACE.

ACLARO ENTONCES QUE VOY A CONSIDERAR A LOS 20 cm COMO LA DISTANCIA ENTRE MÍNIMOS (Ó ANCHO DE LA BANDA CENTRAL).



DATOS:

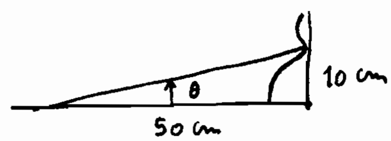
$D = 50\ cm$

$\lambda = 5.890\ Å$

$d_{\text{entre mínimos}} = 20\ cm$

$a = ?$

¿PARA CALCULAR EL SEN θ PUEDO HACER LA APROXIMACIÓN SEN θ ≈ tg θ ? VEAMOS:



$$tg\,\theta = \frac{10}{50} = 0{,}2 \Rightarrow \theta = 11{,}3099° \quad \text{(Demasiado grande)}$$

$$\Rightarrow \operatorname{sen}\theta = 0{,}196$$

PLANTEO AHORA LA CONDICIÓN DE MÍNIMO DE DIFRACCIÓN:

$$a \cdot \operatorname{sen}\theta = m\,\lambda \Rightarrow$$

$$a = \frac{m\,\lambda}{\operatorname{sen}\theta}$$

SEN θ YA LO CALCULÉ, ENE VALE 1 (1er MÍNIMO) y UN AMSTRONG = 10^{-8} cm, ENTONCES:

$$a = \frac{1 \cdot 5.890 \times 10^{-8}\ cm}{0{,}196} = 3 \times 10^{-4}\ cm$$

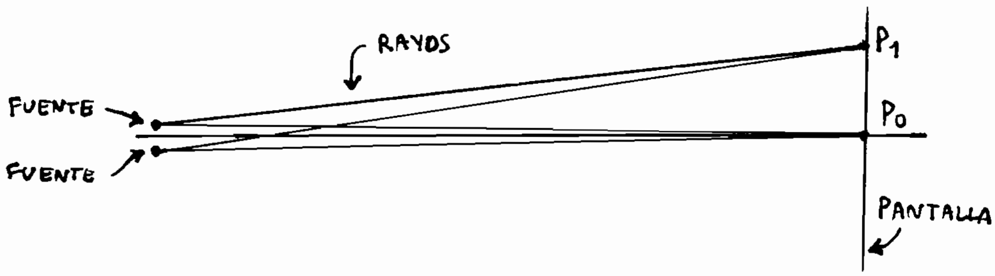
$$\Rightarrow \underline{a = 0{,}003\ mm} \leftarrow \text{ANCHO DE LA RENDIJA.}$$

NOTA: EN EL ENUNCIADO AL ANCHO LO LLAMARON **d**. YO LO LLAMÉ **a**.

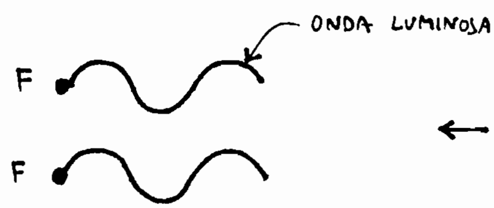
3- Demostrar que las posiciones de los mínimos de interferencia en una pantalla a una distancia grande respecto de la separación de 4 fuentes igualmente espaciadas, vienen dadas por: $x = n\,\lambda D/4d$, donde n es un número entero no múltiplo de 4, d la separación entre las fuentes y D la distancia a la pantalla. $(D \gg d)$.

VAMOS A VER QUÉ SIGNIFICA EL ENUNCIADO. PIDEN ENCONTRAR LOS MÍNIMOS DE INTERFERENCIA PARA 4 FUENTES PUNTUALES SEPARADAS UNA DISTANCIA d. SUPONGAMOS QUE TUVIÉRAMOS SÓLO 2 FUENTES. ¿QUÉ TENDRÍA QUE PASAR PARA QUE INTERFIRIERAN <u>CONSTRUCTIVAMENTE</u>? (CONSTRUCTIVAMENTE SIGNIFICA QUE LAS ONDAS SE SUMAN Y DAN UN MÁXIMO).

VEAMOS:

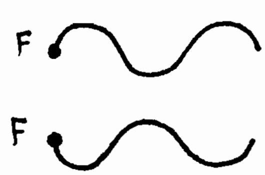


SE SUPONE QUE LAS FUENTES ESTÁN EMITIENDO $\boxed{\text{COHERENTEMENTE}}$ Y $\boxed{\text{EN FASE}}$. ESTO SIGNIFICA QUE CUANDO YO DIGO ¡YA! VEO QUE LAS ONDAS QUE SALEN DE LAS FUENTES SALEN ASÍ:



← FUENTES COHERENTES Y EN FASE.

SI LAS FUENTES ESTUVIERAN EMITIENDO COHERENTEMENTE PERO DESFASADAS VERÍA ALGO ASÍ:



← FUENTES COHERENTES EMITIENDO CON UN DESFASAJE DE 180° (π)

EL DESFASAJE PUEDE SER CUALQUIERA (10°, 20°, 340°, LO QUE SEA). EN ESTE CASO DIGO QUE EL DESFASAJE ES DE 180° PORQUE TENGO QUE AVANZAR 180° ($\lambda/2$) PARA VER A LAS FUENTES EMITIENDO JUNTAS.

(ES DECIR, AVANZAR 180° Ó LAMBDA SOBRE DOS EN UNA DE LAS PERTURBACIONES) NO TE OLVIDES QUE PARA LAS ONDAS SIEMPRE TOMAMOS QUE:

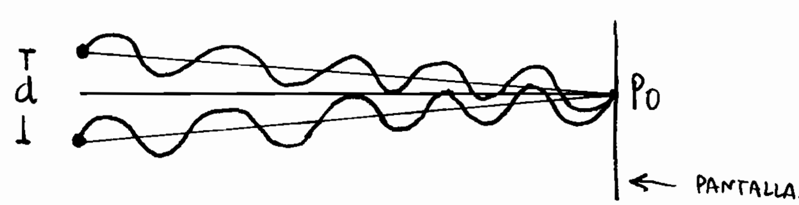
$\boxed{\lambda}$ EQUIVALE A $\boxed{360°\,(2\pi)}$ EQUIVALE A $\boxed{T}$ ← RECORDAR BIEN

EL CASO DE 2 FUENTES EMITIENDO EN FORMA NO COHERENTE SERÍA ÉSTE:

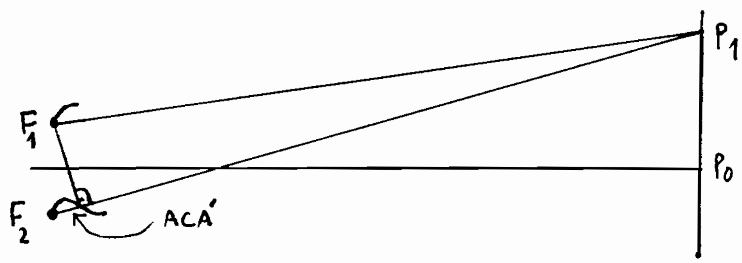
FUENTES EMITIENDO INCOHERENTEMENTE

COMO VES, CON FUENTES INCOHERENTES VAS A CONSEGUIR INTERFERENCIA EL DÍA DEL ARQUERO.
CUALQUIER FUENTE QUE VOS AGARRES (UNA LÁMPARA, UNA LINTERNA, UN FÓSFORO, UNA VELA), PRIMERO NO ES PUNTUAL. ESTÁ COMPUESTA POR MILLONES DE COSITOS QUE EMITEN. SEGUNDO, CADA UNO DE ESOS COSITOS EMITE INCOHERENTEMENTE. POR ESO ES IMPOSIBLE VER LA INTERFERENCIA PRODUCIDA POR CUALQUIER FUENTE LUMINOSA QUE VOS CONSIGAS POR AHÍ.

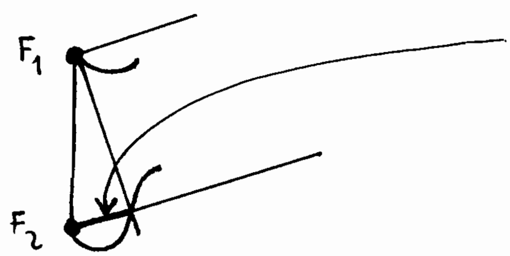
VOLVIENDO AL PROBLEMA, VOY A SUPONER QUE LAS FUENTES EMITEN COHERENTEMENTE Y EN FASE. EN ESE CASO TENDRÍA ESTO:

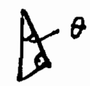


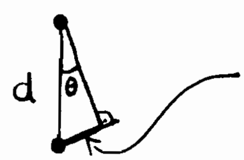
DE ESTE DIBUJO SACO COMO CONCLUSIÓN QUE EN EL CENTRO DE LA PANTALLA LAS ONDAS SE VAN A SUMAR Y VOY A TENER UN MÁXIMO (VOY A VER LUZ).
FIJATE QUE LO IMPORTANTE ES QUE LAS ONDAS LLEGUEN EN FASE A P_0 PARA TENER INTERFERENCIA CONSTRUCTIVA. NO IMPORTA QUE LA AMPLITUD DE LA ONDA RESULTANTE SOBRE LA PANTALLA EN ESE INSTANTE SEA CERO. LO IMPORTANTE ES QUE LAS PERTURBACIONES NO SE ANULEN ENTRE SÍ EN TODO MOMENTO.
AHORA,
¿QUÉ TENDRÍA QUE PASAR ENTONCES PARA QUE EN ALGÚN PUNTO DE LA PANTALLA LAS ONDAS QUE ALLÍ SE SUPERPONEN SE ANULEN TODO EL TIEMPO?



SI PENSÁS UN POCO TE VAS A DAR CUENTA QUE ESO PASARÍA SI LA ONDA QUE SALE DE F_2 RECORRIERA MEDIA LONGITUD DE ONDA MÁS QUE LA ONDA DE F_1.
LO QUE QUIERO DECIR ES QUE:



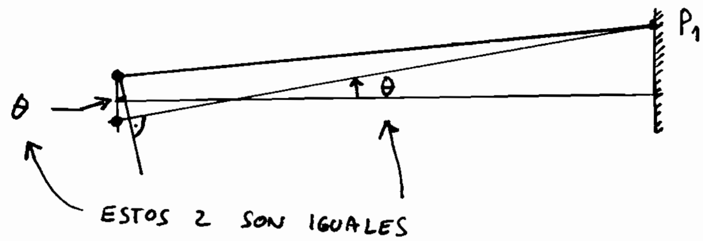
SI LLAMO d A LA DISTANCIA ENTRE FUENTES Y TITA AL ÁNGULO ESTE →  ME QUEDA QUE:



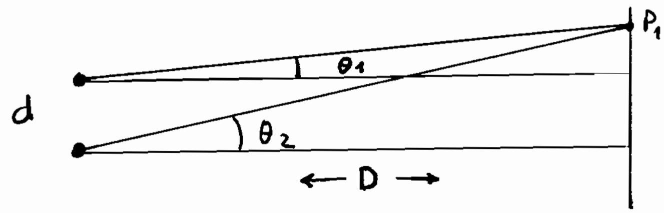
EN REALIDAD PARA QUE HAYA INTERFERENCIA DESTRUCTIVA, LA DISTANCIA $d \cdot \operatorname{sen} \theta$ NO TIENE QUE SER IGUAL SÓLO A MEDIA LONGITUD DE ONDA. PUEDE SER IGUAL A $3\,\lambda/2$ O $5\,\lambda/2$ O UN NÚMERO IMPAR DE MEDIAS LONGITUDES DE ONDA.

POR OTRO LADO, EL ANGULO θ QUE MARQUÉ TAMBIÉN ES EL ÁNGULO QUE FORMAN LOS RAYOS QUE SALEN DE LAS FUENTES.

FIJATE:



ESTO PASA PORQUE θ y θ SON ALTERNOS INTERNOS ENTRE NO SE QUE.
TAMBIÉN FIJATE QUE ESTOY CONSIDERANDO QUE LOS 2 RAYOS QUE SALEN DE C/U DE LAS FUENTES FORMAN EL MISMO ÁNGULO θ.

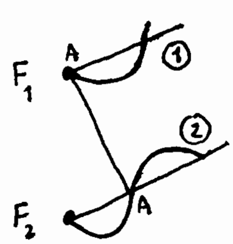


$\theta_1 \simeq \theta_2$

EN REALIDAD θ_1 y θ_2 NO SON EXACTAMENTE IGUALES, PERO SÍ SON BASTANTE, BASTANTE PARECIDOS. ¿POR QUÉ? PORQUE LA DISTANCIA A LA PANTALLA D ES MUY GRANDE EN COMPARACIÓN CON LA DISTANCIA ENTRE FUENTES d. (Digamos QUE LA RELACIÓN PUEDE SER DE 1 a 1000 ó DE 1 a 10.000).

AHORA, PONGÁMOSNOS DE ACUERDO EN UNA COSA: AL CAMINO DE MÁS QUE RECORRE UNA DE LAS ONDAS CON RESPECTO A LA OTRA LO VOY A LLAMAR VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO. (ΔC_σ)
EN EL EJEMPLO DE LAS 2 FUENTES:

A ESTA ΔC_σ VA A ESTAR ASOCIADO UN CIERTO DESFASAJE φ (FI). POR EJEMPLO, SI EL CASO ES ÉSTE:



A PARTIR DE LA LÍNEA A-A LAS ONDAS 1 y 2 TIENEN UN ΔC_σ DE $\lambda/2$ Y UN DESFASAJE φ DE 180° (π).

¿A QUÉ VOY CON TODO ESTO?
VOY A QUE YA ACABO DE CALCULAR CUAL TIENE QUE SER LA CONDICIÓN DE MÍNIMO: PARA TENER UN MÍNIMO DE INTERFERENCIA CON 2 FUENTES PUNTUALES SE DEBE CUMPLIR QUE EL DESFASAJE FI TENDRÁ QUE SER π (180°) Y LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO UN N° IMPAR DE MEDIAS LONGITUDES DE ONDA.
ES DECIR QUE:

$$\Delta C_\sigma = \text{N}^{\underline{o}} \text{ impar de veces } \frac{\lambda}{2}$$

COMO LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO ERA $d.\text{sen}\,\theta$, ENTONCES:

$$d.\text{sen}\,\theta = n.\frac{\lambda}{2}$$

CON n NO MÚLTIPLO DE 2 ($n = 1, 3, 5 \cdots$)

CONDICIÓN DE MÍNIMO DE INTERFERENCIA PARA 2 FUENTES.

¿POR QUÉ ACLARO QUE n NO TIENE QUE SER MÚLTIPLO DE 2?
BUENO, PORQUE SI n FUERA MÚLTIPLO DE 2 ESTARÍA EN UN MÁXIMO Y NO EN UN MÍNIMO. (LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO SERÍA λ, 2λ, 3λ, etc).
ENTONCES LA CONDICIÓN DE MÁXIMO PARA 2 FUENTES PUNTUALES ES:

$$\Delta C_\sigma = \text{N}^{\underline{o}} \text{ ENTERO DE LONGITUDES DE ONDA}$$

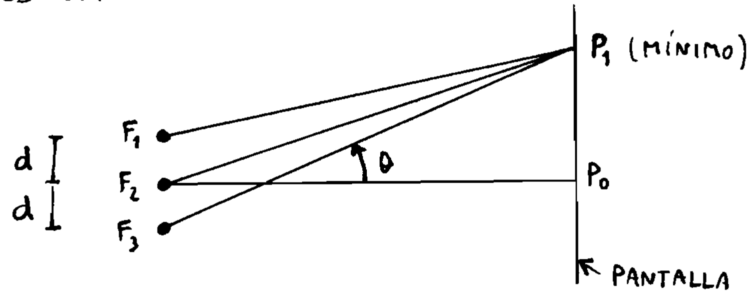
ES DECIR:

$$d.\text{sen}\,\theta = n.\lambda$$

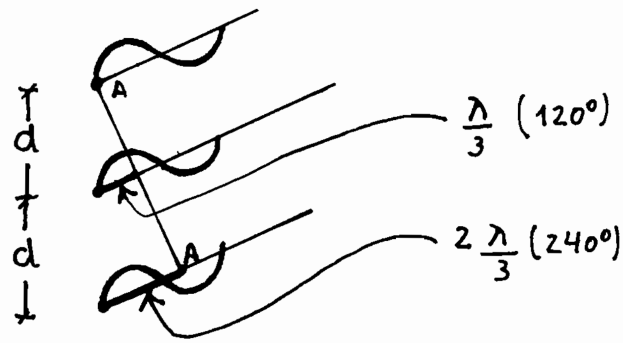
CON $n = 1, 2, 3$, etc.

CONDICIÓN DE MÁXIMO DE INTERFERENCIA CON 2 FUENTES PUNTUALES

TODO ESTE ANÁLISIS VALE PARA 2 FUENTES. VAMOS AHORA AL CASO DE 3 FUENTES SEPARADAS UNA DISTANCIA d.
LO QUE TENGO ES ESTO:



¿QUÉ TIENE QUE PASAR PARA QUE LAS 3 ONDAS INTERFIERAN DESTRUCTIVAMENTE EN P_1?
SI LO PENSÁS UN POCO TE VAS A DAR CUENTA QUE LA SITUACIÓN QUE TIENE QUE DARSE ES ÉSTA:



ES DECIR, LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO TENDRÁ QUE SER UN MÚLTIPLO DE TERCIOS DE LONGITUDES DE ONDA.
ENTONCES LA CONDICIÓN PARA TENER UN MÍNIMO DE INTERFERENCIA CON 3 FUENTES PUNTUALES ES:

$$d \cdot \operatorname{sen} \theta = m \frac{\lambda}{3}$$

CON m NO MÚLTIPLO DE 3 ($m = 1, 2, 4 \ldots$) ← CONDICIÓN DE MÍNIMO DE INTERFERENCIA PARA 3 FUENTES.

ACLARO QUE m NO TIENE QUE SER MÚLTIPLO DE 3 PORQUE SINO ESTARÍA JUSTO EN UN MÁXIMO PORQUE LA DIFERENCIA DE CAMINO ÓPTICO DARÍA λ.
ENTONCES PARA QUE SE PRODUZCA MÁXIMO DE INTERFERENCIA TIENE QUE CUMPLIRSE QUE:

$$d \cdot \operatorname{sen} \theta = m \lambda$$

con $m = 1, 2, 3$ etc ← CONDICIÓN DE MÁXIMO DE INTERFERENCIA CON 3 FUENTES PUNTUALES

VOLVAMOS AL PROBLEMA.
LO QUE EL ENUNCIADO ME PEDÍA ERA DETERMINAR LA CONDICIÓN DE MÍNIMO PARA CUATRO FUENTES (NO PARA 2 NI PARA 3).
LO QUE PASA ES QUE AHORA HABIENDO HECHO TODO ESTE ANÁLISIS PUEDO RAZONAR POR ANALOGÍA Y DECIR LO SIGUIENTE:

PARA 2 Y 3 FUENTES LA CONDICIÓN DE MÁXIMO DIÓ LO MISMO: $d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\lambda$. ESTO ES RAZONABLE, PORQUE INDEPENDIENTEMENTE DEL Nº DE FUENTES, PARA TENER UN MÁXIMO CADA FUENTE TENDRÁ QUE ESTAR DESFASADA DE LA ANTERIOR EN $\varphi = 2\pi$ (360°), O LO QUE ES LO MISMO, TENER UN ΔC_σ DE λ.
ES DECIR, QUE PARA 4 FUENTES, LA CONDICIÓN DE MÁXIMO DE INTERFERENCIA NO SE MODIFICA Y QUEDA $d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\lambda$ (con $m = 1, 2, 3$ ETC.).

¿Y SI TUVIERA N FUENTES QUE PASARÍA?
NO PASARÍA NADA. LA CONDICIÓN NO SE ALTERARÍA Y QUEDARÍA ASÍ:

$$d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\lambda \qquad (m = \text{Nº DE MÁXIMO} = 1, 2, 3 \text{ ETC}).$$

CONDICIÓN DE MÁXIMO PARA ENE FUENTES SEPARADAS UNA DISTANCIA d.
(NO DEPENDE DE N)

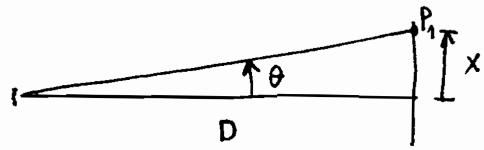
SI MIRÁS ESTO UN POCO, TE VAS A DAR CUENTA QUE ESTA CONDICIÓN TAMBIÉN ES LA CONDICIÓN DE MÁXIMO DE UNA RED DE DIFRACCIÓN.
¿Y ES LÓGICO QUE SEA ASÍ?
SÍ, ES LÓGICO, POR QUE UNA RED DE DIFRACCIÓN ES NADA MÁS QUE UN VIDRITO QUE TIENE N RAYAS C/U DE LAS CUALES SE COMPORTA COMO UNA FUENTE PUNTUAL.
VAMOS AL CASO DEL MÍNIMO.
LO QUE TENÍA HASTA AHORA ERA:

Nº DE FUENTES	ΔC_σ	φ	CONDICIÓN DE MÍNIMO	
2	$\frac{\lambda}{2}$	$180° \left(\frac{2\pi}{2}\right)$	$d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\frac{\lambda}{2}$	CON m NO MÚLTIPLO DE 2 ($m = 1, 3, 5$, ETC)
3	$\frac{\lambda}{3}$	$120° \left(\frac{2\pi}{3}\right)$	$d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\frac{\lambda}{3}$	CON m NO MÚLTIPLO DE 3 ($m = 1, 2, 4, \ldots$ ETC)

ANÁLOGAMENTE PARA 4 FUENTES Y PARA N FUENTES:

4	$\frac{\lambda}{4}$	$90° \left(\frac{2\pi}{4}\right)$	$d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\frac{\lambda}{4}$	CON m NO MÚLTIPLO DE 4 ($m = 1, 2, 3, 5$ etc)
N	$\frac{\lambda}{N}$	$\frac{360°}{N} \left(\frac{2\pi}{N}\right)$	$d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\frac{\lambda}{N}$	CON m NO MULTIPLO DE N

AHORA, SI LA DISTANCIA A LA PANTALLA ES D Y SUPONGO QUE **D** ES MUCHO MAYOR QUE d, PUEDO APROXIMAR SEN θ CON TG θ.



$$\text{TG } \theta = \frac{X}{D} \simeq \text{SEN } \theta$$

$$\Rightarrow d \cdot \underbrace{\text{sen } \theta}_{X/D} = m \frac{\lambda}{4}$$

$$\Rightarrow d \cdot \frac{X}{D} = m \frac{\lambda}{4}$$

$$\Rightarrow \boxed{X = m \frac{\lambda D}{4 d}}$$

(CON m NO MÚLTIPLO DE 4, ES DECIR, $m = 1, 2, 3, 5 \ldots$ ETC)

POSICIÓN SOBRE LA PANTALLA DE LOS MÍNIMOS DE INTERFERENCIA PARA 4 FUENTES PUNTUALES SEPARADAS UNA DISTANCIA d. ($D \gg d$).

TODO ESTO MUY LINDO PERO ESTE PROBLEMA NO SE RESUELVE ASÍ. (SONAMOS). CLARO.
IMAGINATE SI ME HUBIERAN DADO 15 FUENTES EN VEZ DE 4. ¿TENDRÍA QUE HABER HECHO EL DIAGRAMA DE LAS 15 ONDITAS SALIENDO DE LAS 15 FUENTES PARA VER CUANTO VALÍA LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO ENTRE C/U DE LOS RAYOS ?
¿Y SI ME HUBIERAN DADO 500 FUENTES ?

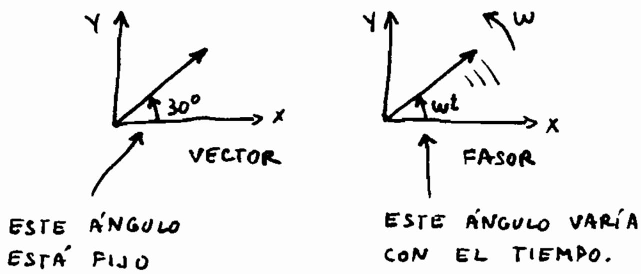
ENTONCES, PARA RESOLVER ESTE ASUNTO SE INVENTÓ EL MÉTODO QUE SIGUE:

METODO FASORIAL PARA CALCULAR EL DESFASAJE φ ENTRE LAS ONDAS

NO TE PIDO QUE ENTIENDAS ESTE MÉTODO AHORA. YA VAS A TENER MÁS TIEMPO PARA APRENDERLO EN OTRO MOMENTO. AHORA SÓLO TENÉS QUE SABER COMO SE USA.

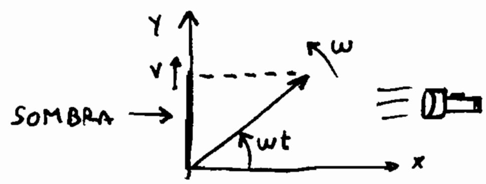
LO QUE SE HACE ES LO SIGUIENTE:
A CADA UNA DE LAS FUENTES LE ASOCIO UN FASOR. NO UN VECTOR SINO UN FASOR. SI TENGO 2 FUENTES TENDRÉ 2 FASORES. SI TENGO 3 FUENTES, 3 FASORES Y SI TENGO N FUENTES, N FASORES.

UN FASOR NO ES EXACTAMENTE UN VECTOR PERO ES PARECIDO. LA DIFERENCIA ES QUE UN FASOR GIRA Y UN VECTOR NO.



← UN VECTOR Y UN FASOR

LA PROYECCIÓN DE LA SOMBRA DEL FASOR SOBRE EL EJE Y ME VA DANDO UN MOVIMIENTO ARMÓNICO.

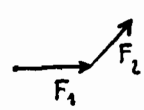


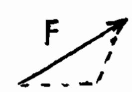
PROYECCIÓN DEL FASOR SOBRE EL EJE VERTICAL.

ESA SOMBRA QUE SUBE Y QUE BAJA ES EL MOVIMIENTO ARMÓNICO QUE LA ONDA TIENE ASOCIADO.

SI BIEN VECTORES Y FASORES SON COSAS DISTINTAS, LOS FASORES SE SUMAN COMO VECTORES. (ESO ES LO IMPORTANTE).

ENTONCES:

2 FASORES ASÍ → 

DAN UN FASOR ASÍ → 

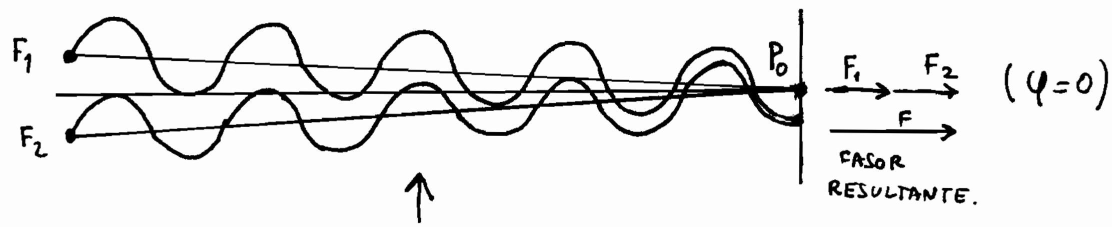
OJO, PARA PODER SUMAR VECTORIALMENTE FASORES ÉSTOS TIENEN QUE ESTAR GIRANDO CON LA MISMA VELOCIDAD ANGULAR. (Y EL FASOR RESULTANTE TENDRÁ ESTA MISMA VELOCIDAD ANGULAR).

CADA UNA DE LAS ONDAS QUE SALE DE CADA FUENTE Y PEGA EN LA PANTALLA TIENE UN FASOR ASOCIADO EN ESE PUNTO DE LA PANTALLA.

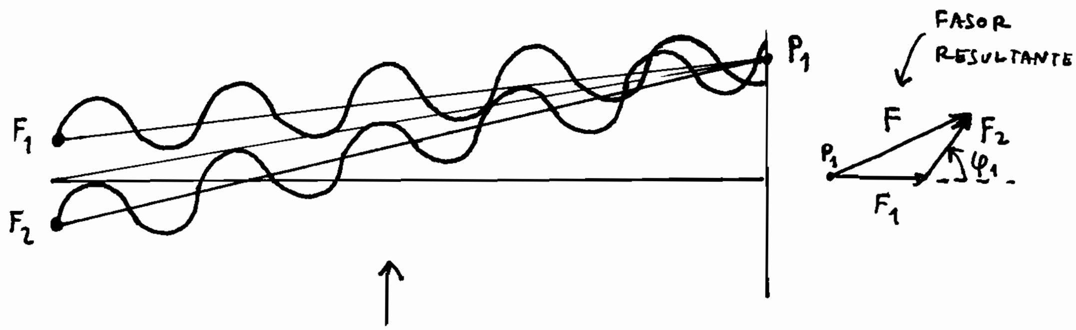
EL MÓDULO DE C/U DE ESTOS FASORES ES IGUAL Y REPRESENTA LA INTENSIDAD CON LA QUE EMITE CADA FUENTE.

LA INTENSIDAD DE LAS FUENTES ES LA MISMA, PERO EL ÁNGULO QUE FORMEN LOS FASORES ENTRE SI VA A DEPENDER DEL PUNTO DE LA PANTALLA DONDE PEGUE LA LUZ.

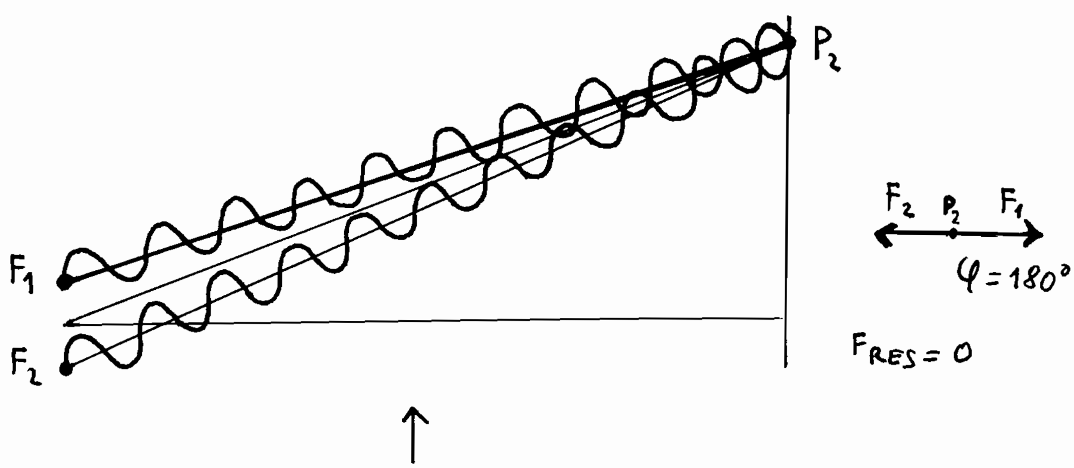
VEAMOS:



LAS 2 ONDAS LLEGAN SIN DESFASAJE AL PUNTO CENTRAL DE LA PANTALLA Y DAN UN MÁXIMO. LOS DOS FASORES FORMAN UN ÁNGULO DE 0° ENTRE SÍ (PORQUE $\varphi = 0$).



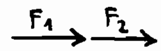
LAS DOS ONDAS LLEGAN AHORA AL PUNTO P_1 CON UN DESFASAJE φ_1. LOS 2 FASORES ASOCIADOS A LAS ONDAS EN EL PUNTO P_1 NO APUNTAN EN EL MISMO SENTIDO Y LA INTENSIDAD LUMINOSA VA A SER MENOR QUE EN EL CASO ANTERIOR.



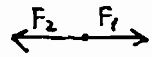
LAS DOS ONDAS LLEGAN AL PUNTO P_2 TOTALMENTE DESFASADAS ($\varphi = 180°$) Y SE ANULAN. NO HAY INTENSIDAD LUMINOSA EN EL PUNTO P_2. VEO OBSCURIDAD (ESTOY EN UN MÍNIMO). DESDE EL PUNTO DE VISTA FASORIAL VEO QUE LOS FASORES APUNTAN EN SENTIDOS CONTRARIOS.

ASÍ A LO LARGO DE LA PANTALLA VOY TENIENDO MÁXIMOS EN LOS LUGARES DONDE LOS FASORES SE SUMAN ($\varphi = 0$) Y MÍNIMOS EN LOS LUGARES DONDE LOS FASORES SE RESTAN ($\varphi = 180$).

ES DECIR, QUE:



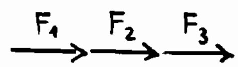
← CONDICIÓN DE MÁXIMO PARA 2 FUENTES ($\varphi = 0$)



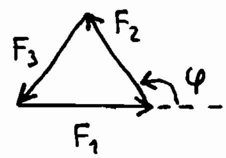
← CONDICIÓN DE MÍNIMO PARA 2 FUENTES ($\varphi = 180°$)

¿QUÉ PASA AHORA CUANDO TENGO MÁS DE 2 FUENTES?

Y BUENO, NO PASA NADA. SI HAY 3 FUENTES TENDRÉ 3 FASORES Y LA COSA QUEDARÁ ASÍ:



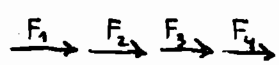
← CONDICIÓN DE MÁXIMO PARA 3 FUENTES ($\varphi = 0$)



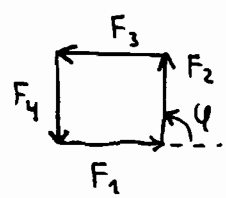
← CONDICIÓN DE MÍNIMO P/ 3 FUENTES ($\varphi = 120°$).

(FIJATE QUE LA IDEA ES QUE VEAS QUE EL POLÍGONO DE FASORES TIENE QUE DAR CERRADO. DE AHÍ SACO EL ÁNGULO φ QUE ES EL ÁNGULO QUE FORMAN LOS FASORES ENTRE SÍ).

SI TUVIERA 4 FUENTES EL ASUNTO NO CAMBIA Y VOY A TENER ESTO:



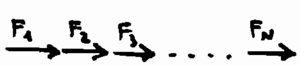
← CONDICIÓN DE MÁXIMO P/ 4 FUENTES ($\varphi = 0°$)



← CONDICIÓN DE MÍNIMO P/ 4 FUENTES ($\varphi = 90°$)

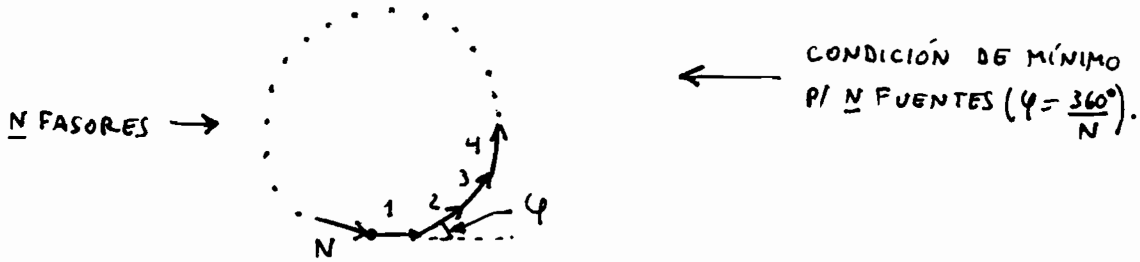
¿Y SI TUVIERA <u>N</u> FUENTES?

OTRA VEZ LO MISMO. LA CONDICIÓN DE MÁXIMO QUEDA ASÍ:



CONDICIÓN DE MÁXIMO P/ <u>N</u> FUENTES ($\varphi = 0°$)

AL IGUAL QUE EN LOS CASOS ANTERIORES, CERRANDO EL POLÍGONO CALCULO EL DESFASAJE φ ENTRE C/U DE LOS N FASORES:



¿QUÉ LOGRO ENTONCES CON EL ANÁLISIS FASORIAL?

RTA: CALCULAR EL DESFASAJE φ QUE TIENE C/U DE LAS ONDAS CUANDO LLEGA A UN PUNTO DE LA PANTALLA.

¿Y PARA QUÉ QUIERO EL DESFASAJE φ?

RTA: PARA CALCULAR LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO.

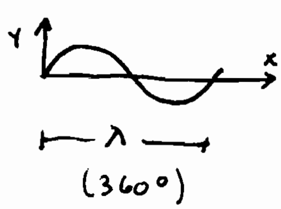
¿Y PARA QUÉ QUIERO LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO?

RTA: PARA CALCULAR LA POSICIÓN DE LOS MÁXIMOS Y LOS MÍNIMOS SOBRE LA PANTALLA.

AHORA, ¿CÓMO CALCULO LA ΔC_σ TENIENDO φ?

BUENO, ES DE ESTA MANERA:

¿TE ACORDÁS QUE A UNA LONGITUD DE ONDA UNO LE ASOCIABA UN ÁNGULO DE 360° (2π)?



BUENO,

PARA CALCULAR A CUÁNTO CORRESPONDE EL DESFASAJE φ HAGO REGLA DE 3 SIMPLE ASÍ:

$$\frac{\text{A 360° LE CORRESPONDE}}{\text{UNA LONGITUD DE ONDA}} = \frac{\text{A UN ÁNGULO } \varphi \text{ LE CORRESPONDERÁ}}{\text{UNA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO } \Delta C_o}$$

ES DECIR:

$$\frac{360° (2\pi)}{\lambda} = \frac{\varphi}{\Delta C_\sigma}$$

$$\Longrightarrow \Delta C_\sigma = \varphi \cdot \frac{\lambda}{360° (2\pi)}$$

ENTONCES, SI TENGO $\underline{N}$ FUENTES, PARA TENER UN MÍNIMO LOS FASORES TENDRÁN QUE FORMAR ENTRE SÍ UN ÁNGULO DE $\frac{360°}{N}$ (ó $\frac{2\pi}{N}$).

ES DECIR QUE SU DIFERENCIA DE CAMINO ÓPTICO VA A SER:

$$\Delta C_\sigma = \overset{\frac{360°}{N}}{(\varphi)} \cdot \frac{\lambda}{360°}$$

$$\Rightarrow \Delta C_\sigma = \frac{\lambda}{N} \longleftarrow \text{MÍNIMO}$$

($\frac{\lambda}{N}$, $2\frac{\lambda}{N}$, $3\frac{\lambda}{N}$ ó $\underline{\underline{m}}\frac{\lambda}{N}$ CON m NO MÚLTIPLO DE $\underline{N}$ PARA NO ESTAR EN UN MÁXIMO).

PARA CAER EN UN MÁXIMO EL ASUNTO ES MÁS FÁCIL. EL DESFAJE ENTRE LOS FASORES TENDRÁ QUE SER DE 0° (ó LO QUE ES LO MISMO, 360°).

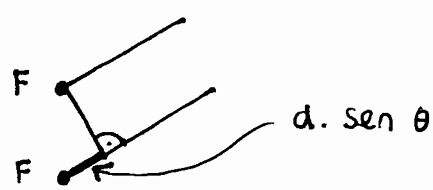
ENTONCES LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO VA A SER:

$$\Delta C_\sigma = \overset{360°}{(\varphi)} \cdot \frac{\lambda}{360°}$$

$$\Rightarrow \Delta C_\sigma = \lambda \longleftarrow \text{MÁXIMO}$$

(ES DECIR, λ, 2λ, 3λ ó $\underline{\underline{m}}\lambda$ CON m ENTERO).

AHORA, ESTA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO VA A SER IGUAL A LA DIFERENCIA DE RECORRIDO DE LOS RAYOS QUE LLEGAN A LA PANTALLA, Y ESTA DIFERENCIA DE RECORRIDO SIEMPRE VALE:



ENTONCES LA COSA QUEDA ASÍ:

MAXIMO: $\boxed{d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\,\lambda \quad (m = 1, 2, 3 \ldots \text{etc})}$

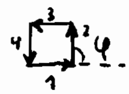
MÍNIMO: $\boxed{d \cdot \operatorname{sen}\theta = m\,\frac{\lambda}{N} \quad (m \text{ ENTERO } \underline{\text{NO}} \text{ MULTIPLO DE } N)}$

$\longleftarrow$ CONDICIONES DE MÁXIMO Y DE MÍNIMO DE INTERFERENCIA PARA N FUENTES PUNTUALES SEPARADAS UNA DISTANCIA d.

LA CONDICIÓN DE MÁXIMO $d \operatorname{sen} \theta = m\lambda$ TE LA PODÉS ACORDAR DE MEMORIA Y USARLA ASÍ. LA CONDICIÓN DE MÍNIMO <u>NO</u>. LO MÁS PROBABLE ES QUE TE EXIJAN QUE LA DEDUZCAS USANDO EL DIAGRAMA FASORIAL. (OJO).

VOLVIENDO AL PROBLEMA ORIGINAL DE CALCULAR LA POSICIÓN DE LOS MÍNIMOS DE INTERFERENCIA PARA 4 FUENTES PUNTUALES SEPARADAS UNA DISTANCIA d, EL PROCEDIMIENTO CORRECTO PARA RESOLVERLO Y QUE ES EL QUE ELLOS QUIEREN QUE USES ES:

1- CALCULAR EL DESFASAJE φ DE LAS ONDAS QUE LLEGAN A UN MÍNIMO EN LA PANTALLA POR MEDIO DEL DIAGRAMA FASORIAL:



$\varphi = 90° \ \left(\frac{\pi}{4}\right)$ ← DESFASAJE

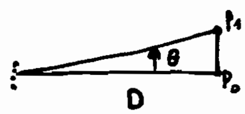
2- CALCULAR LA VARIACIÓN DE CAMINO ÓPTICO.

$$\frac{\Delta C_\sigma}{\lambda} = \frac{\varphi}{360°} \Rightarrow \Delta C_\sigma = \frac{\lambda}{4} \qquad \leftarrow \Delta C_\sigma$$

3- IGUALAR ESTA ΔC_σ A $d.\operatorname{sen}\theta$ QUE ES LA DIFERENCIA DE RECORRIDO ENTRE 2 RAYOS:

$$d.\operatorname{sen}\theta = m\,\frac{\lambda}{4} \qquad (m \text{ NO MULT. DE } 4).$$

4- HACER LA SUPOSICIÓN DE QUE TITA ES MUY CHICO Y ENTONCES:



$$\operatorname{SEN}\theta \simeq \operatorname{TG}\theta = \frac{X}{D}$$

5- REEMPLAZAR Y LLEGAR A LA LA CONCLUSIÓN DE QUE LAS POSICIONES DE LOS MÍNIMOS SOBRE LA PANTALLA VIENEN DADAS POR:

$$X = m\,\frac{D.\lambda}{4d} \qquad (\text{CON } m \text{ NO MÚLTIPLO DE } 4).$$

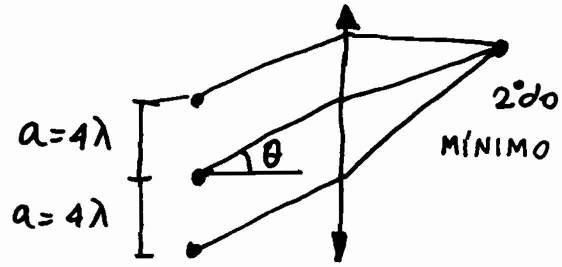
TAL VEZ TE PAREZCA QUE ÉSTA FUE UNA MANERA UN POCO LARGA DE RESOLVER UN PROBLEMA.

PUEDE SER.

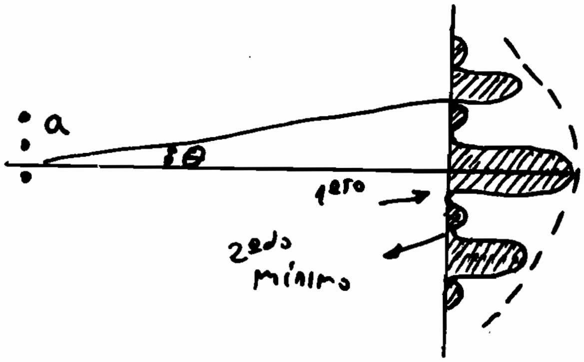
PERO YO TE DIGO UNA COSA: SI ENTENDISTE ESTO NO VA A HABER PROBLEMA DE INTERFERENCIA ENTRE <u>N</u> FUENTES PUNTUALES QUE NO PUEDAS RESOLVER.

4- Tres fuentes puntuales separadas entre si con a= 4 λ producen un espectro de interferencia. ¿Para qué desviación angular θ se produce el 2ºdo mínimo?.

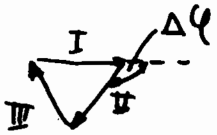
Este el el dibujo que me dan →



Hago el diagrama:



Hago el diagrama fasorial Para calcular el delta fi.



$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{3}$ Pero $\frac{\Delta\varphi}{\Delta C_0} = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \Delta C_\sigma = \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2\pi}$

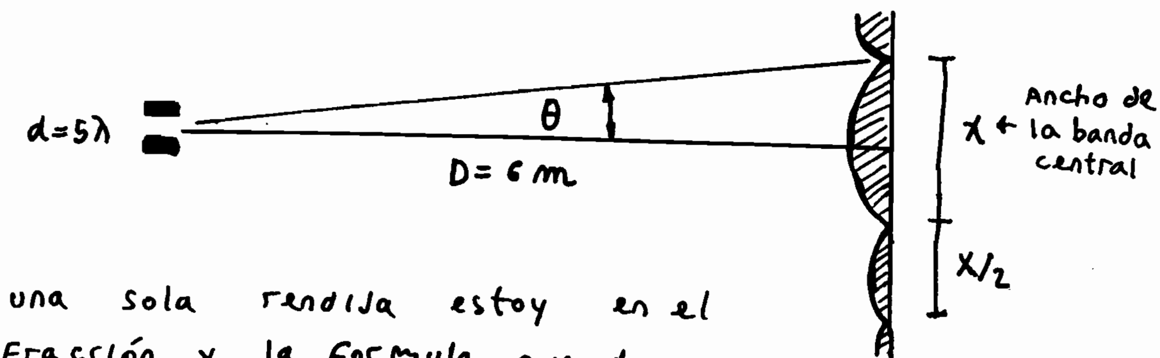
$\Rightarrow \Delta C_\sigma = \frac{\cancel{2\pi}}{3} \cdot \frac{\lambda}{\cancel{2\pi}}$ como el mínimo es el 2edo ; planteo que:

$a \operatorname{sen}\theta = m\,\Delta C_\sigma$ (y $m=2$) ∴ $\operatorname{sen}\theta = 2\,\frac{\Delta C_\sigma}{a}$

Reemplazando... ($a = 4\lambda$): $\operatorname{sen}\theta = \frac{2\lambda}{3\;4\lambda}$ $\operatorname{sen}\theta = \frac{1}{6} \Rightarrow \underline{\underline{\theta = 9°\ 35{,}5'}}$

5- Una rendija de ancho d=5 λ difracta luz monocromática, recogiéndose en una pantalla distanciada 6m y paralela a la rendija, el espectro respectivo. ¿Cuál será el ancho de la franja central y a que distancia del centro de dicha franja se forma el 1ºer máximo subsiguiente?. Justificar resultado.

DATOS
$d = 5\lambda$
$D = 6\,m$
$x = ?$



como hay una sola rendija estoy en el caso de difracción y la formula que tengo que usar es la de la cond. de mínimo:

$a \operatorname{sen} \theta = m\lambda$ donde a es el ancho de la rendija y m es el Nº de mínimo (1, 2, 3 .. etc)

el sen θ lo puedo calcular como $\operatorname{sen}\theta \simeq \operatorname{tg}\theta = x/2 / D$ (por que $D \gg x$)

como estoy calculando la distancia hasta el 1er mínimo será m = 1, y como ellos llaman d al ancho de la rendija igualo:

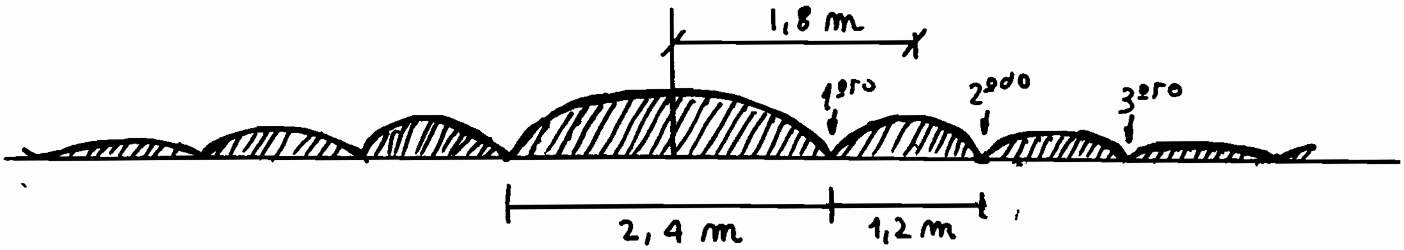
$\operatorname{sen}\theta = \frac{\lambda}{d}$ y $\operatorname{sen}\theta \simeq \operatorname{tg}\theta = \frac{x}{2D}$ $\Rightarrow \frac{\lambda}{d} = \frac{x}{2D}$, despejo x:

$x = \frac{2D \cdot \lambda}{d}$, $x = \frac{2 \cdot 6\,m \cdot \cancel{\lambda}}{5\cancel{\lambda}}$ $(d = 5\lambda)$ y el ancho del máximo central de la figura de difracción será: $x = 2{,}4\ m.$

Me preguntan ahora a que distancia está el máximo siguiente ... Pero a que distancia desde dónde y hasta dónde? ¿desde el centro de uno al centro del otro? Eso es lo más razonable pero en difracción no tengo condición de máximo.

y ahora que hago?

Y bueno, dibujemos el diagrama un poco más grande y nuestra infatigable sed de saber quedará saciada. (!¡)



como sé que el ancho de los demás máximos es la mitad del ancho de la banda central, el máximo adyacente estará comprendido entre 1,2 y 2,4 m y con eso queda definida su posición. T. B podríamos decir que la parte central de este máximo se encuentra a 1,8 m del centro del diag de difracción.

¿Cómo justifico esto?. Rta: aplicando la vieja y archiconocida fórmula de difracción para el 1ero y el 2do mínimo. ∴ :

$$d \,\text{sen}\, \theta = m\lambda \Rightarrow \text{sen}\, \theta_1 = \frac{\lambda}{d} \quad y \quad \text{sen}\, \theta_2 = \frac{2\lambda}{d} \quad \text{pero} \quad \text{sen}\, \theta = \frac{x}{D}$$

entonces:

$$x_1 = \frac{\lambda}{d} \cdot D \quad y \quad x_2 = \frac{2\lambda}{d} \cdot D \quad \text{y como } d = 5\lambda$$

reemplazo.

$$x_1 = \frac{\cancel{\lambda} \cdot D}{5\cancel{\lambda}} \quad y \quad x_2 = \frac{2\cancel{\lambda} \cdot D}{5\cancel{\lambda}} \quad (D = 6\ m), \text{ entonces}$$

$$\boxed{x_1 = 1{,}2\ m \quad y \quad x_2 = 2{,}4\ m}$$

RTA: el 1er máximo adyacente estará comprendido entre 1,2 y 2,4 m

---

6- Una red de 2000 lineas por cm se utiliza para analizar el espectro del mercurio. a)- Hallar la desviación angular de 1er órden de las rayas de 579 y 577 nm de longitud de onda. b)¿Cuál deberá ser la anchura del haz para que puedan resolverse estas rayas?.

Estamos en el caso de 2000 fuentes puntuales que estan emitiendo en fase. Antes trabajábamos con 3 o 4 fuentes, ahora trabajaremos con 2000. A la larga, es lo mismo. El numero $K = 2000 \frac{\text{lineas}}{\text{cm}}$ se llama constante de la red y vea usted que es lo mismo que nos den esta constante de la red que que nos den la distancia de separación entre fuentes (o entre ranuras) por que si:

$$2000 \text{ lineas} \longrightarrow 1\ cm$$
$$1 \text{ línea} \longrightarrow \frac{1}{2000}\ cm \quad \text{, es decir } d = \frac{1}{K} = 5\ 10^{-4}\ cm$$

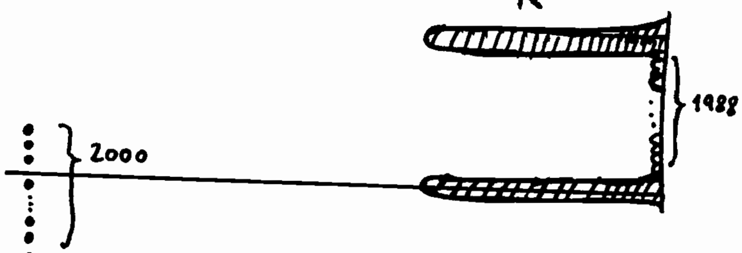
Nº de fuentes = 2000

distancia entre ellas $= d = \frac{1}{K} = 5 \cdot 10^{-9}$ cm

$\lambda_1 = 579$ mm

$\lambda_2 = 577$ mm

y 1 mm = 1 nanómetro = 10^{-9} m



al decir la desviación angular de 1er orden será p/ $m=1$

Puedo trabajar con la condición de máximo de interferencia diciendo:

$d \operatorname{sen} \theta = m \lambda$ donde d es la separación entre fuentes y m el número de máximo (1er máximo, 2do, 3ro etc).

entonces $\operatorname{sen} \theta = \dfrac{\lambda}{d}$ y $\operatorname{sen} \theta_1 = \dfrac{\lambda_1}{d}$ y $\operatorname{sen} \theta_2 = \dfrac{\lambda_2}{d}$ ∴

$$\operatorname{sen} \theta_1 = 2000 \frac{1}{cm} \cdot 5{,}79 \cdot 10^{-5}\ cm \Rightarrow \boxed{\theta_1 = 6^\circ\ 39'} \quad y$$

$$\operatorname{sen} \theta_2 = 2000 \frac{1}{cm} \cdot 5{,}77 \cdot 10^{-5}\ cm \Rightarrow \boxed{\theta_2 = 6^\circ\ 37{,}5'}$$

b) criterio de Raileigh.

cuando dos colores diferentes de luz o lo que es lo mismo, dos longitudes de onda diferentes de luz, inciden en una red de difracción estos colores se separan en un cierto angulo, por ej en el punto a) la separación de las 2 longitudes era de cerca de 1 minuto y medio. Si una persona mira la pantalla: ¿podrá distinguir un color del otro o no? Esta capacidad para poder ver las líneas de las ≠ long. de ondas separadas se llama resolución. En definitiva: VER = RESOLVER.

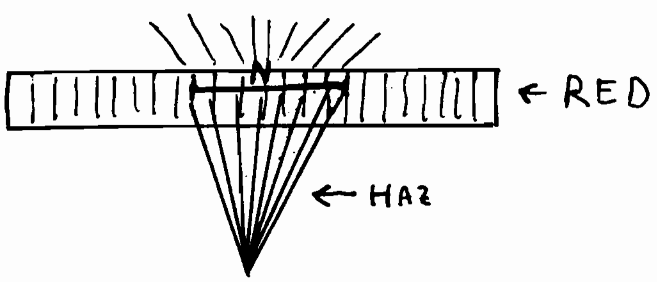
La resolución se expresa mediante el criterio de RAILEIG:

RAILEIGH

$$\boxed{R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \leq m N}$$

donde m es el N° de máximo y N el N° de ranuras x las que pasa la luz.

Fijate que con esta formula no obtenemos ninguna desviación angular ni nada por el estilo, sino q' vamos a obtener el N° de ranuras a través de las cuales va a pasar la luz (N) para que los colores puedan verse separados en la pantalla.



Es decir, vamos a tener el ancho del haz necesario (el mínimo) para que estas rayas se puedan resolver, pero este ancho lo vamos a tener medido en líneas de la red (15 líneas, 20, 30 etc) y habrá que pasarlo después a cm o lo que sea. En el problema era:

$\lambda_1 = 579$ mm y
$\lambda_2 = 577$ mm $\therefore \; R = \dfrac{\lambda}{\Delta\lambda}$ $R = \dfrac{579 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} \simeq 290$ (se puede tomar T.B el λ menor o el λ promedio, el resultado varía poco)

como el máximo es el 1ero será $m = 1$ $\therefore$

$290 \leq N$ (el número de líneas deberá ser mayor que 290)

Pasemos el resultado a cm, La red tiene 2000 lineas en 1 cm, entonces:

2000 lineas $\longrightarrow$ 1 cm
290 líneas $\longrightarrow$ x $\underline{x = 0{,}145 \text{ cm}}$ ancho de haz

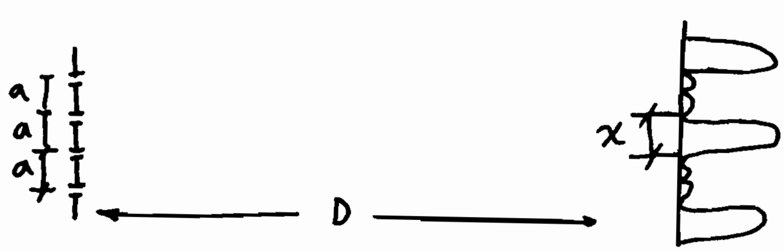
---

7-Una red de difracción con 2000 líneas por cm se utiliza para medir longitudes de onda emitidas por gas hidrógeno. ¿En que ángulo θ deberan esperarse hallar las líneas azules de 434 y 410 nm de longitud de onda.

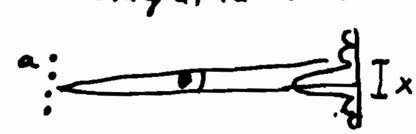
El problema es = al anterior (pero exáctamente = eh!). Los ángulos de c/ longitud de onda serán:

$\theta_1 = 4° \, 58' \, 46''$, $\theta_2 = 4° \, 42' \, 13''$ $\Longrightarrow$ $\underline{x = 0{,}009 \text{ cm}}$ (Ancho del haz)

8- Cuatro rendijas igualmente espaciadas (a=1mm) son iluminadas con luz monocromática de λ = 0,75 μm . Hallar el ancho de la franja central producida por interferencia en una pantalla ubicada a 10 m del plano de las rendijas.



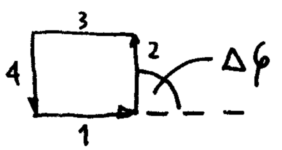
el diagrama será:



DATOS: $a = 1$ mm ; $\lambda = 0{,}75$ μm (1 micrón = 10^{-6} m)
$D = 10$ m ; $x = ?$

voy a calcular la posición del 1er mínimo para tener definida la distancia x.

Se que: $\frac{\Delta\varphi}{\Delta C_o} = \frac{2\pi}{\lambda}$. Ahora hago el diag. fasorial p/ sacar $\Delta\varphi$.



$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{4}$ $\therefore$ $\Delta C_\sigma = \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2\pi}$ $\Rightarrow \Delta C_\sigma = \frac{\cancel{2\pi} \cdot \lambda}{4 \cdot \cancel{2\pi}}$

Por otro lado sabemos que $\Delta C_\sigma = a \operatorname{sen} \theta$ (por que el mínimo es el 1ero)

entonces: $a \cdot \operatorname{sen} \theta = \frac{\lambda}{4}$ pero calculo el $\operatorname{sen} \theta$ como: $\operatorname{sen} \theta \simeq \operatorname{tg} \theta = \frac{x/2}{D}$

(considero que $D \gg x$), entonces: $\operatorname{sen} \theta = \frac{\lambda}{4a}$ $\Rightarrow$ $\frac{x}{2D} = \frac{\lambda}{4a}$ $\therefore$

$$\underline{x = \frac{2D\lambda}{4a}}$$

con números: $x = \frac{2 \cdot 1000\ cm \cdot 0{,}75\ 10^{-4}\ cm}{4 \cdot 0{,}1\ cm} \Rightarrow$

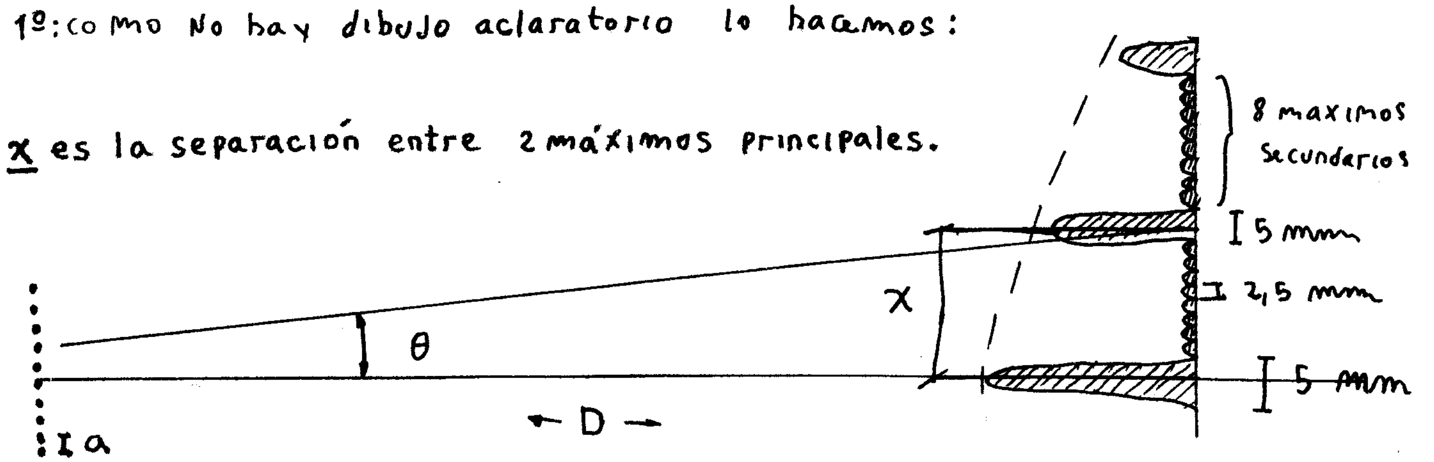
$\Rightarrow \boxed{x = 0{,}375\ cm}$ ← ANCHO DE LA BANDA CENTRAL

---

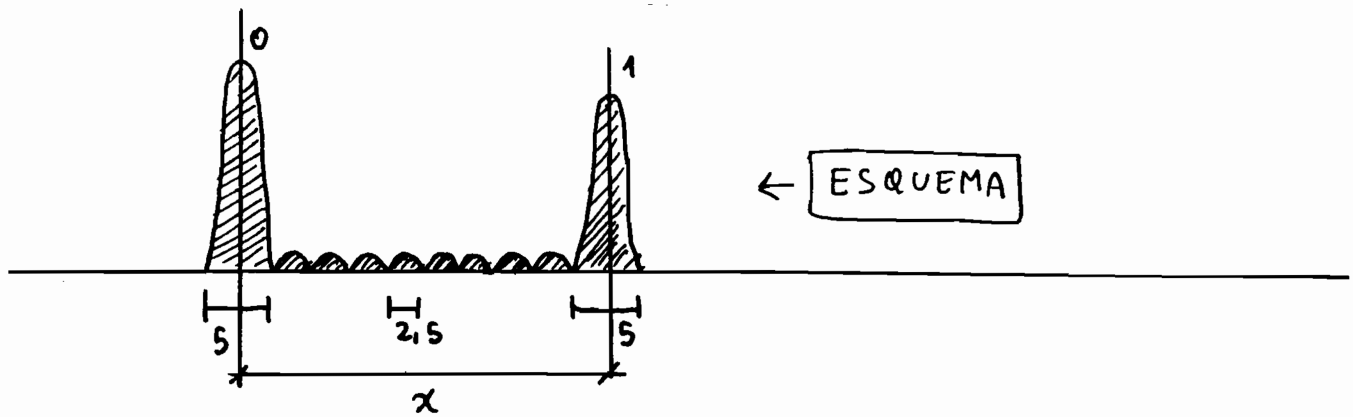
9)_10 fuentes producen un espectro de interferencia en el cual el ancho de la franja central es de 5 mm. Qué distancia habrá entre dos máximos principales consecutivos?.

1º: como no hay dibujo aclaratorio lo hacemos:

<u>x</u> es la separación entre 2 máximos principales.



Vamos a hacer una cosa interesante. Dice el problema que el ancho del máximo central (o de la banda central) es 5 mm. El ancho de los máximos secundarios es siempre la mitad del del central. Entonces, qué más necesitamos? ¡contad con los dedos de la mano y resolvereis el problema!



Hay 8 chiquitos de 2,5 mm y hay q' considerar T.B. la mitad del ancho de los principales. En definitiva:

$$X = 2{,}5 \cdot 2 + 2{,}5 \cdot 8$$ (Fijarse que es 2,5 (x) por el Nº de fuentes)

y $\underline{x = 25 \text{ mm}}$

A todo esto, el problema no está del todo bien, porque ¿cómo justifico q' tal ancho es la mitad del otro y demás cosas? Digamos entonces que es conveniente resolverlo por la manera tradicional y tendría que dar el mismo resultado. (Osalá que dé)

entonces: calculo la distancia que hay hasta el 1er máximo de interferencia (el de orden 1)

$d \operatorname{sen} \theta = m\lambda \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = \dfrac{m\lambda}{a}$ ($\underline{d}$ es la separación entre fuentes que ellos llaman $\underline{a}$).

Por otro lado, como supongo siempre que $D \gg X$ puedo calcular el sen θ como $\operatorname{sen}\theta \simeq \operatorname{tg}\theta = \dfrac{X}{D}$, igualo las 2 expresiones:

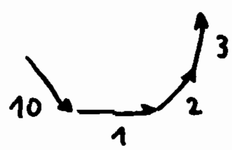
$\operatorname{sen}\theta = \operatorname{sen}\theta$ entonces $\underbrace{\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{x}{D}}$ 1

Para hallar el ancho de la banda central hallo la posición del 1er mínimo de interferencia.

Remember: La famosa condición de mínimo de interferencia... ¡siempre hay que deducirla! Es ahí donde interviene nuestro amigo el diagrama fasorial.

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta C_o} = \frac{2\pi}{\lambda} \implies \Delta C_o = \frac{\lambda \cdot \Delta\varphi}{2\pi}$$

Hallo $\Delta\varphi$ con el diagrama fasorial:



$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{10}$ → Nº de fuentes

y la variación de camino óptico será:

$$\Delta C_o = \frac{\lambda \cdot \cancel{2\pi}}{\cancel{2\pi} \; 10} \quad \Delta\varphi \qquad \Delta C_o = \frac{\lambda}{10}$$

siempre vamos a considerar que $\Delta C_o = a \operatorname{sen}\theta$ (a = separación entre fuentes)

o sea: $\frac{\lambda}{10} = a \operatorname{sen}\theta$ y $\operatorname{sen}\theta$ (ver diagrama) es:

$\operatorname{sen}\theta = \frac{5/2}{D}$ mm , igualo : $\boxed{\frac{\lambda}{10} = a \cdot \frac{5}{2D} \text{ mm}}$ (2)

Reemplazo ahora en cualquiera de las identidades 1 y 2.

La 1 era: $\frac{\lambda}{a} = \frac{X}{D}$ y la 2: $\frac{\lambda}{10} = a \cdot \frac{5 \text{ mm}}{2D}$

supongamos q' despejo λ de la 1ra y reemplazo en la 2da:

$\lambda = \frac{a \cdot X}{D}$ y reemp. en 2: $\frac{\cancel{a} \cdot X}{\cancel{D} \cdot 10} = \frac{\cancel{a} \cdot 5 \text{ mm}}{2\cancel{D}}$

$\implies$ $\underline{X = 25 \text{ mm}}$ (Bien, dió!)

10). 20 fuentes producen un espectro de interferencia siendo de 5 mm el ancho de la franja central. ¿Qué distancia existe entre 2 máximos principales y cuántos máximos secundarios se producen entre dos principales consecutivos?.

El problema es exactamente igual al anterior (pero exactamente, eh) por lo tanto: el Nº de máximos secundarios entre 2 ppales será de 18 y la distancia $\underline{x}$ será de $\underline{50 \text{ mm}}$.

11- Luz monocromática de $\lambda = 5000$ A ilumina N rendijas igualmente distanciadas produciendo un patrón de interferencia sobre una pantalla situada a D= 10m paralela al plano de las rendijas. Si la distancia entre 2 máximos consecutivos es cinco veces mayor que el ancho de la franja central, cuántas rendijas hay?. Si b = 20 cm, cuál es el valor de a?.

<u>DATOS</u>:

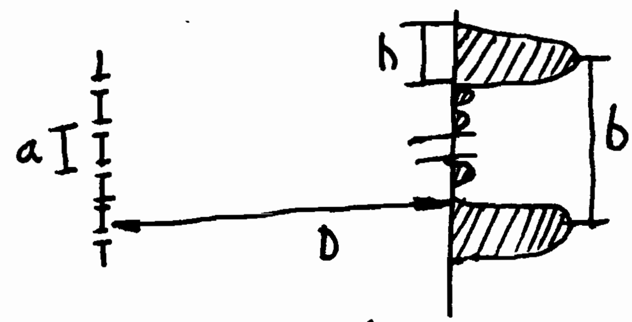
$\lambda = 5000$ Å (1 Å $= 10^{-8}$ cm)

$D = 10$ m

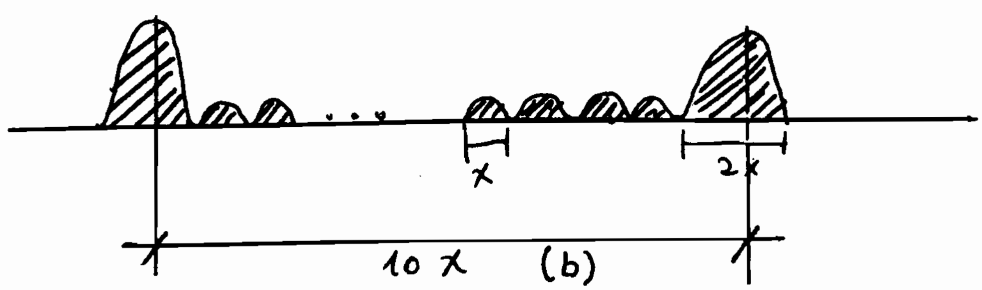
$b = 20$ cm $= 5h$

Nº de rendijas = ?

$a = ?$



Como sé que el ancho de la banda central es siempre el doble del ancho de c/u de los demás máximos secundarios, puedo saber la cantidad de fuentes haciendo el siguiente diagrama:



Entre los máximos ppales siempre hay N-2 máximos secundarios, por lo tanto el Nº de fuentes será $\underline{10}$.

La distancia $\underline{b}$ es igual a $5h$. Entonces el ancho de la banda central (h) va a ser:

$$h = \frac{b}{5} \Rightarrow h = \frac{20 \text{ cm}}{5}$$

$$\Rightarrow \underline{h = 4 \text{ cm}}$$ ← ANCHO DE LA BANDA CENTRAL

INT

El 1er máximo de interferencia se encuentra a 20 cm ∴

$$a \operatorname{sen} \theta = m\lambda \quad (a = \text{separación entre fuentes})$$

$$\operatorname{sen} \theta = \frac{1\lambda}{a} \quad (m=1)$$

Al sen θ lo puedo poner como b/D. Reemplazo y me queda:

$$\frac{b}{D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow a = \frac{\lambda . D}{b}$$

Reemplazo por los valores y hago las cuentas:

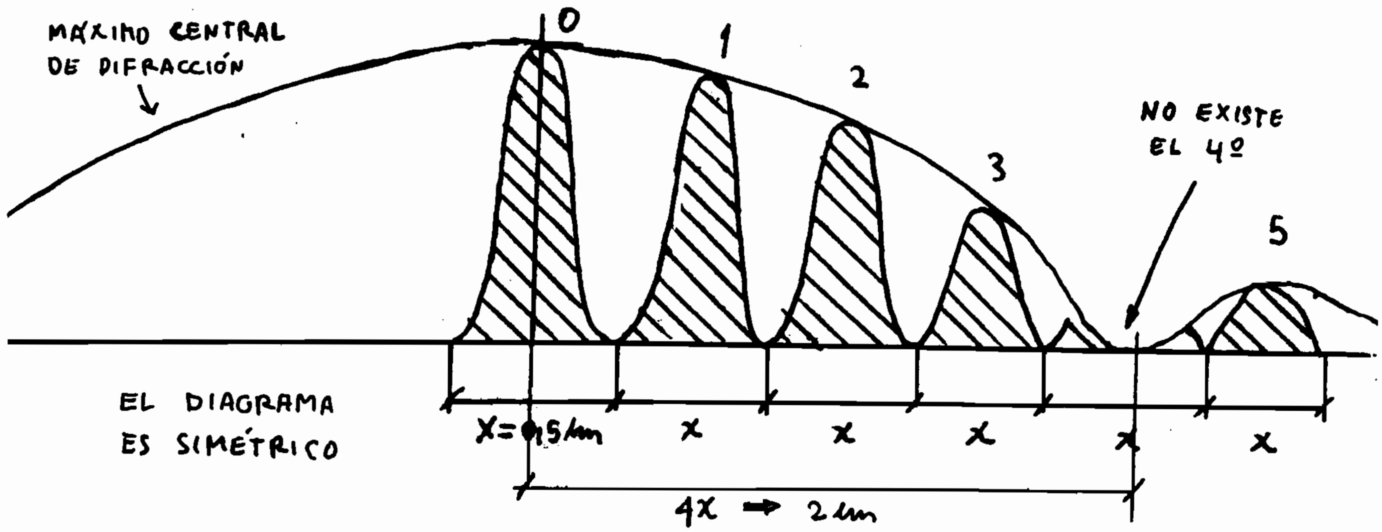
$$a = \frac{5000 \times 10^{-8}\ cm \ .\ 1000\ cm}{20\ cm}$$

$$\Rightarrow \boxed{a = 2{,}5 \times 10^{-3}\ cm} \longleftarrow$$ SEPARACIÓN ENTRE LAS FUENTES.

12- La distribución de intensidades producida por dos ranuras se observa en el plano focal de una lente de 50 cm de distancia focal. La luz monocromática incidente tiene una longitud de onda de 5 . 10 $^{-7}$ m. Se encuentra que la distancia entre los 2 mínimos adyacentes al máximo de órden cero es o,5 cm y que falta el máximo de 4to órden. Calcular la distancia entre los centros de las rendijas y sus anchos respectivos.

En este problema se dan la interferencia y la difracción combinadas. Es decir que al fenómeno de la interferencia se le superpone el de la difracción. De esto me doy cuenta porque hay un máximo de interferencia que falta. (Eso lo dice el enunciado).

En este problema es fundamental hacer el diagrama para entender bien lo que pasa. Eso sería algo así:



En interferencia todos los máximos principales tienen igual ancho.
Sé que la condición de máximo de interferencia es $d.\text{sen}\,\theta = m\lambda$.
Si quiero hallar la posición donde estaría el máximo de 4to órden (que son 2 cm) hago:

$$d.\text{sen}\,\theta = 4\lambda$$

Ahora al sen θ lo puedo calcular aproximadamente como

$$\text{sen}\,\theta = \frac{2\text{ cm}}{50\text{ cm}} = 0{,}04$$

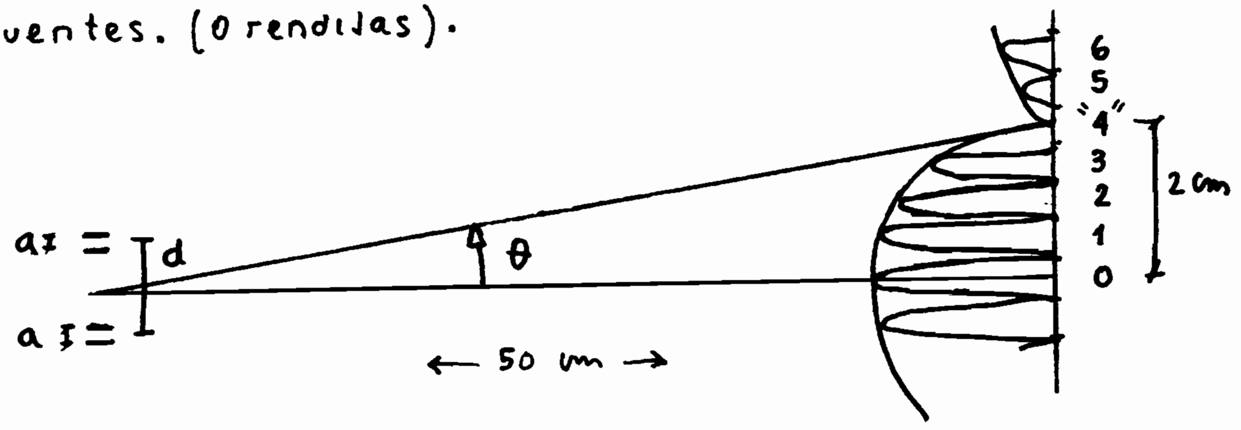
Los 50 cm son la distancia focal de la lente, que también es la distancia de las ranuras a la pantalla. La lente lo único que hace es darnos la imagen a 50 cm. No afecta para nada al problema.
Entonces:

$$\text{si} \quad d\,\text{sen}\,\theta = \lambda \quad (m=1) \quad \text{y} \quad \text{sen}\,\theta = 0{,}04$$

$\Longrightarrow d = \dfrac{4\lambda}{0{,}04}$ reemplazando λ por 5×10^{-7} m

$$\Longrightarrow \underline{\underline{d = 5\times10^{-3}\text{ m}}}$$

Esta distancia d hallada es la separación entre fuentes. (o rendijas).



Considero ahora el diagrama de difracción y hallo la posición del 1er mínimo de difracción. (El ángulo θ es el mismo).
Planteo:

$$a\,\text{sen}\,\theta = m\lambda \qquad (a = \text{ancho de la ranura})$$

Para el 1er mínimo de difracción m vale 1. Despejando $\underline{a}$:

$$a = \frac{m\,\lambda}{\operatorname{sen}\theta} = \frac{1 .\ 5 \times 10^{-7}\,m}{0{,}04}$$

$$\Rightarrow \underline{a = 1{,}25 \times 10^{-5}\,m} \quad \longleftarrow \text{ANCHO DE LA RENDIJA}$$

El problema así resuelto no está mal pero tampoco está del todo bien. El asunto es que a los benditos 2 cm que usé para calcular el sen θ los obtuve considerando que el ancho de los máximos ppales era siempre el mismo: 0,5 cm.

Esto no lo demostré. Podría decir que es intuitivo o evidente, pero mejor lo hago planteando las ecuaciones y de paso verifico los resultados.

Veamos. Tengo interferencia y también difracción. Entonces:

$$a . \operatorname{sen}\theta = 1\,\lambda \qquad \text{1er MÍNIMO DE DIFRACCIÓN}$$

$$d . \operatorname{sen}\theta = 4\,\lambda \qquad \text{4to MÁXIMO DE INTERFERENCIA}$$

divido las ecuaciones:

$$\frac{a}{d} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow a = \frac{d}{4} \quad (1)$$

Por otro lado puedo plantear la condición de mínimo de interf. (Tendría que deducirla del diagrama fasorial).

$$d \operatorname{sen}\theta = \frac{m\,\lambda}{N} \quad (2)$$

(m: Nº de mínimo.
N: Nº de Fuentes).

Para el 1er mínimo de interferencia el sen θ vale:

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{0{,}25\text{ cm}}{50\text{ cm}} = 0{,}005$$

Reemplazando en la expresión (2):

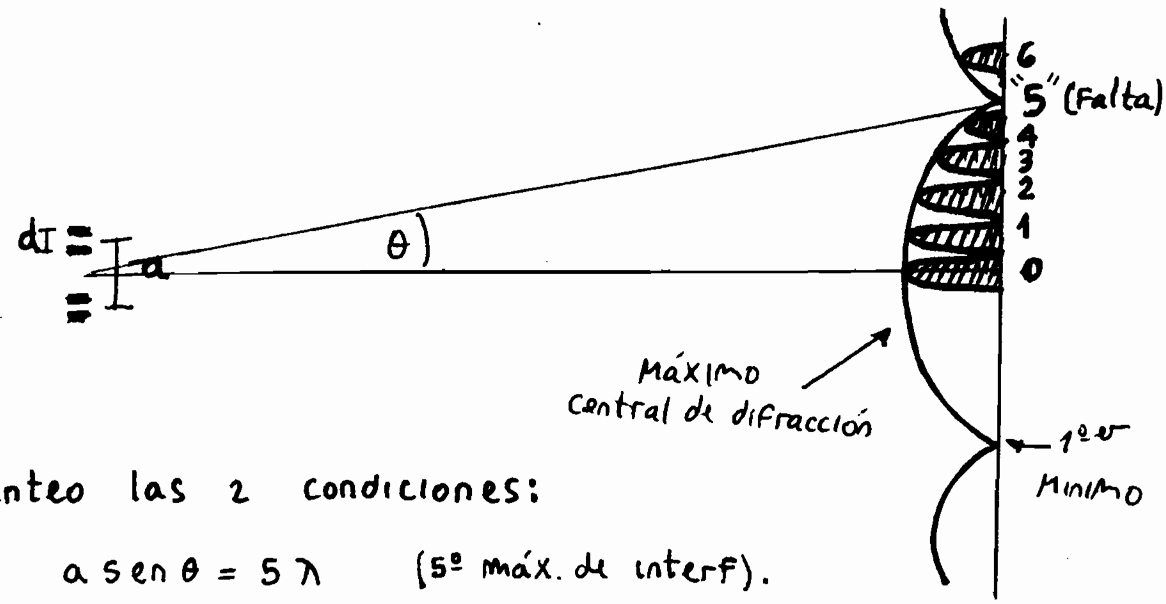
$$d .\ 0{,}005 = \frac{1 .\ 5 \times 10^{-7}\,m}{2}$$

$$\Rightarrow \underline{d = 5 \times 10^{-5}\,m}$$

y como $a = \frac{d}{4}$: $\boxed{a = 1{,}25 \times 10^{-5}\,m}$ (Bien, verificó!)

13- Se observa un diagrama de interferencia-difracción de Fraunhoffer producido por 2 rendijas con una longitud de onda $\lambda = 500$ nm, las rendijas tienen una separación $a = 0,1$ mm y una anchura $d = ?$. Hallar dicha anchura si el quinto máximo de interferencia está en el mismo ángulo que el 1 er mínimo de difracción.

El problema aclara que al diagrama de interferencia debe superponérsele el de difracción. Si la posición angular es la misma, el 5to máximo de interferencia debe faltar.



Planteo las 2 condiciones:

$a \operatorname{sen} \theta = 5\lambda$ (5º máx. de interf).

$d \operatorname{sen} \theta = 1\lambda$ (1er mín. de difracción)

Igualando sen θ de la 1ra con sen θ de la 2da:

$$\frac{5\lambda}{a} = \frac{\lambda}{d} \implies d = \frac{a}{5}$$

Y como $a = 0,1$ mm $\Rightarrow$ $\underline{\underline{d = 0,02 \text{ mm}}}$

NOTA BENE: La longitud de onda λ no interviene y es un dato de más.