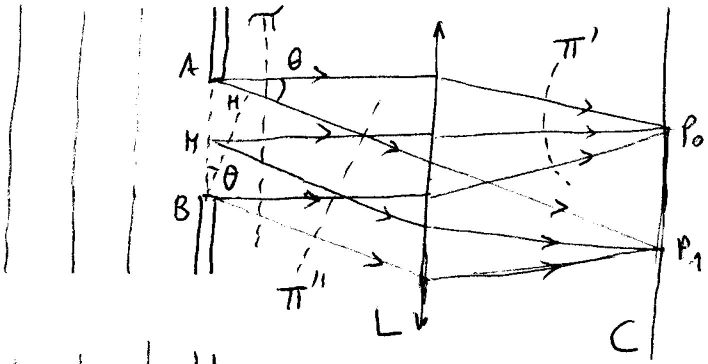
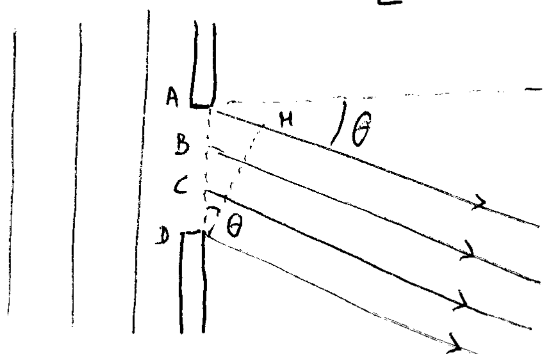
DIFFRAZIONE DELLA LUCE ATTRAVERSO UNA FENDITURA

SIA DATA UNA FENDITURA SOTTILE DI LARGHEZZA $\overline{AB} = h$ E DI LUNGHEZZA $l \gg h$, COLPITA DA UN'ONDA MONOCROMATICA. VOGLIAMO DETERMINARE LA POSIZIONE DELLE FRANGE DI PRODOTTE DALLE FENDITURE SU DI UNO SCHERMO C, POSTO NEL PIANO FOCALE DI UNA LENTE L CONVERGENTE.



IMMAGINIAMO IL FASCIO USCENTE DALLA FENDITURA DIVISO IN STRISCE SOTTILI E PARALLELE: È COME SE LA FENDITURA, CONSIDERATA COME UNA SUPERFICIE D'ONDA I CUI CENTRI DI VIBRAZIONE PRESENTANO LA STESSA FASE, FOSSE IDEALMENTE DIVISA IN UN CERTO NUMERO DI ELEMENTI DIVERSI DI AREA UGUALE.



CONSIDERIAMO L'EFFETTO PRODOTTO SULLO SCHERMO C DALLE ONDE ELEMENTARI USCENTI DALLA FENDITURA NELLA DIREZIONE DI INCIDENZA. PER IL PRINCIPIO DI HUYGENS-FRESNEL, LE VIBRAZIONI SONO IN FASE SU QUALUNQUE PIANO π PERPENDICOLARE ALLA DIREZIONE CONSIDERATA, E TALI SI MANTENGONO SU QUALUNQUE SUPERFICIE SFERICA COME π', PERCHÉ LA LENTE NON INTRODUCE DIFFERENZE DI CAMMINO OTTICO TRA I DIVERSI RAGGI. PERCIÒ I RAGGI GIUNGONO IN P_0, SITUATO SULLA PERPENDICOLARE CONDOTTA PER IL CENTRO M DELLA FENDITURA, ANCORA IN CONCORDANZA DI FASE, COSÌ DA INTERFERIRE GENERANDO UN MASSIMO DI ILLUMINAZIONE.

SIA INVECE P_1 IL PUNTO IN CUI CONVERGONO I RAGGI DIFFRATTI CHE FORMANO UN ANGOLO θ CON L'ASSE MP_0. ESSI GIUNGONO IN P_1 SENZA MODIFICARE LE DIFFERENZE DI FASE CHE ESSE PRESENTANO SU UN GENERICO PIANO π'' (VEDI FIGURA), NORMALE ALLA NUOVA DIREZIONE CONSIDERATA. SU TALE PIANO PERÒ GLI ELEMENTI DIFFONDENTI NON HANNO TUTTI LA STESSA FASE, PERCHÉ I RAGGI VI GIUNGONO AVENDO PERCORSO CAMMINI DIVERSI! AD ESEMPIO, SE H È IL PIEDE DELLA PERPENDICOLARE CONDOTTA DA B AL RAGGIO USCENTE DA A E PERPENDICOLARE A π'', I RAGGI ESTREMI POSSIEDONO UNA DIFFERENZA DI CAMMINO OTTICO PARI A:

$$\delta = \overline{AH} = h \sin\theta$$

SUPPONENDO δ PARI ALLA LUNGHEZZA D'ONDA λ DELLA LUCE USATA, FRA IL RAGGIO DIFFRATTO USCENTE DA A E QUELLO USCENTE DAL PUNTO MEDIO M DELLA FENDITURA VI È (PER IL TEOREMA DI TALETE) UNA DIFFERENZA DI CAMMINO OTTICO PARI A $\lambda/2$, CHE SI MANTIENE TALE PER OGNI COPPIA DI RAGGI USCENTI DA PUNTI CORRISPONDENTI COMPRESI TRA I TRATTI AM ED MB. FACENDO QUINDI CORRISPONDERE AD OGNI RAGGIO USCENTE DALLA PRIMA METÀ DELLA FENDITURA IL CORRISPONDENTE RAGGIO USCENTE DALLA SECONDA, OGNI COPPIA GIUNGE IN P' IN OPPOSIZIONE DI FASE, GENERANDO

$(\longrightarrow)$

(→)

UN'INTERFERENZA DISTRUTTIVA, E DI CONSEGUENZA UNA FRANGIA SCURA. 2

PER SPIEGARE IL MASSIMO SUCCESSIVO ALLA FRANGIA SCURA (DETTO UN MASSIMO DI PRIMO ORDINE), CONSIDERIAMO ORA LA FENDITURA DIVISA NON IN DUE, MA IN TRE PARTI UGUALI, COME NELLA SECONDA FIGURA. SULLO SCHERMO SI FORMA TALE MASSIMO PER QUELLA DIREZIONE DEL FASCIO IN CUI I RAGGI ESTREMI PRESENTANO UNA DIFFERENZA DI CAMMINO:

$$\delta = \overline{AH} = h \operatorname{sen} \theta = \frac{3}{2}\lambda$$

CIÒ PUÒ ESSERE SPIEGATO IN QUANTO, SUPPONENDO DI FAR CORRISPONDERE AD OGNI RAGGIO DI $\overline{AB}$ IL CORRISPONDENTE RAGGIO USCENTE DA $\overline{BC}$, ESSI GIUNGONO SULLO SCHERMO CON UNA DIFFERENZA DI CAMMINO PARI A $\lambda/2$, E QUINDI PER INTERFERENZA SI CANCELLANO A VICENDA. RIMANGONO ATTIVI SOLO I RAGGI USCENTI DA UN TERZO DELLA FENDITURA, CIOÈ QUELLI COMPRESI NELLA STRISCIA $\overline{CD}$!

PROSEGUIAMO IN MODO ANALOGO, DIVIDENDO LA FENDITURA IN QUATTRO PARTI UGUALI; SE L'INCLINAZIONE θ È TALE CHE:

$$\delta = \overline{AH} = h \operatorname{sen} \theta = 2\lambda$$

NEL PUNTO DI CONVERGENZA SULLO SCHERMO SI HA DI NUOVO OSCURITÀ! ED ECCO UN MINIMO.

GENERALIZZANDO QUESTO RAGIONAMENTO, I MASSIMI DOPO QUELLO CENTRALE SI OTTENGONO PER:

$$\delta = h \operatorname{sen} \theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} \qquad (*)$$

CON $n = 1, 2, 3 \ldots$ I MINIMI INVECE SI HANNO PER:

$$\delta = h \operatorname{sen} \theta = 2n \cdot \frac{\lambda}{2} = n \cdot \lambda$$

OTTERREMO COSÌ, DALLA NOSTRA FENDITURA, UNA SERIE DI MASSIMI E DI MINIMI, VISIBILI ATTRAVERSO UNA SERIE DI FRANGE.

TUTTO QUESTO PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER DETERMINARE LA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA LUCE. SIA AD ESEMPIO UN'ONDA PIANA MONOCROMATICA, COME PUÒ ESSERE LA LUCE ROSSA DI UN LASER, CHE ATTRAVERSA UNA FENDITURA IN UN RETICOLO DI LARGHEZZA $h = 1{,}2 \cdot 10^{-6}\,m$. SI FA DIFFRANGERE LA LUCE ATTRAVERSO IL RETICOLO, E SI OSSERVA CHE IL MASSIMO DEL 1° ORDINE SI FORMA PER I RAGGI DIFFRATTI CHE FORMANO CON L'ASSE DELLA FENDITURA UN ANGOLO $\theta = 28°$. DALLA $(*)$ SI DEDUCE CHE IL PRIMO MASSIMO DOPO QUELLO CENTRALE SI HA PER $n = 1$, CIOÈ:

$$h \operatorname{sen} \theta = \frac{3}{2}\lambda$$

DA CUI SI RICAVA:

$$\lambda = \frac{2 h \operatorname{sen} \theta}{3} = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-6}\,m \cdot \operatorname{sen} 28°}{3} = 376 \text{ NANOMETRI}$$

PROPRIO L'OSSERVAZIONE DI FIGURE DI DIFFRAZIONE DA PARTE DI THOMAS YOUNG (1773 - 1829) PERMISE IL DEFINITIVO TRIONFO DEL MODELLO ONDULATORIO SU QUELLO CORPUSCOLARE DELLA LUCE, SOSTENUTO FINO AI PRIMI DELL'800 DALL'AUTORITÀ DI NEWTON.