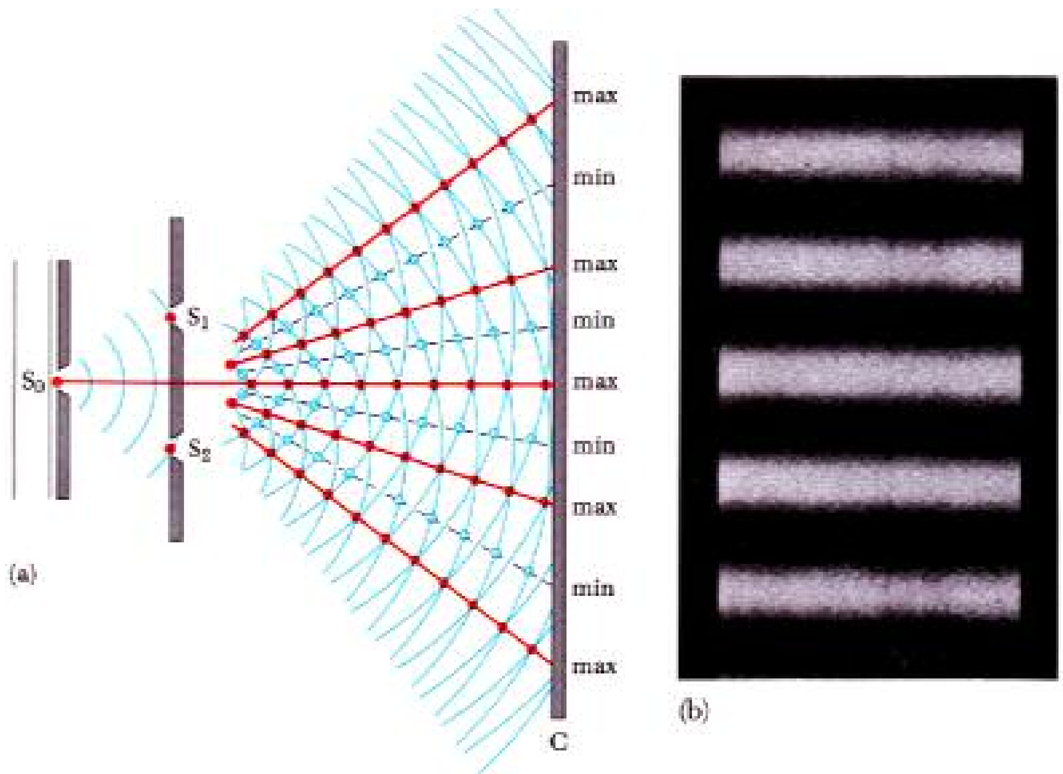
ΣΥΜΒΟΛΗ ΦΩΤΟΣ

***ΣΥΜΒΟΛΗ* (Interference): είναι το αποτέλεσμα της ταυτόχρονη διάδοσης δύο κυμάτων στον ίδιο χώρο.**

***ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ:* αν δύο ή περισσότερες διαταραχές διαδίδονται μέσα σ' ένα μέσον, τότε η ολική διαταραχή μέσα στο μέσον ισούται με την διανυσματική συνισταμένη των επί μέρους διαταραχών.**

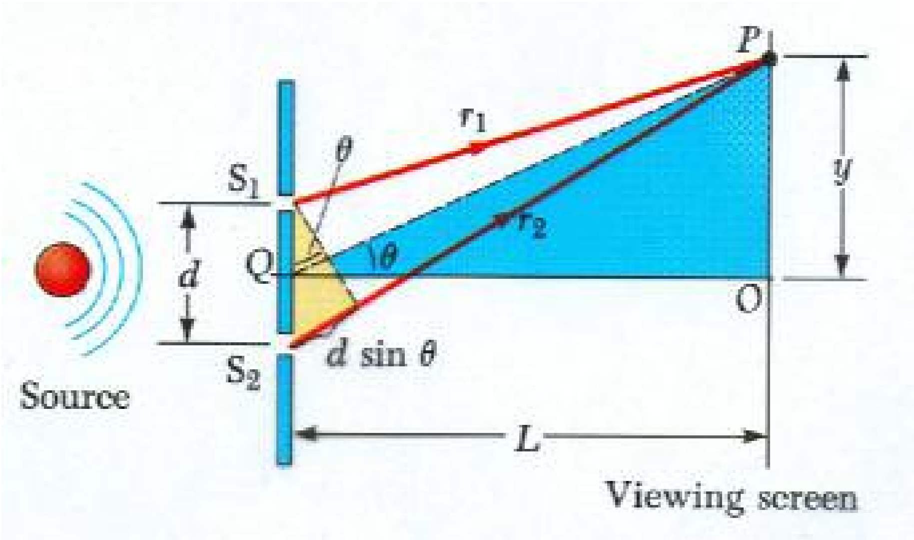
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ:

1. ***Σύμφωνες πηγές, δηλ. να διατηρούν σταθερή την διαφορά φάσης μεταξύ τους***
2. ***Μονοχρωματικές πηγές, δηλ. να εκπέμπουν το ίδιο μήκος κύματος.***



ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ YOUNG:

(θεωρούμε σημειακό το πάχος των σχισμών)



***Επαλληλία διαταραχών* στο P:**

$$E_1 = E_0 \, sin(kr_1 - \omega t)$$
$$E_2 = E_0 \, sin(kr_2 - \omega t)$$

άρα $$E = E_1 + E_2 = [\,2E_0 \, cos(\frac{kr_2 - kr_1}{2})] \, sin(kr - \omega t)$$

όπου r=(r₁+r₂)/2, δηλ. η συνιστάμενη διαταραχή είναι πάλι οδεύον κύμα με πλάτος:

$$E_{\pi\lambda\acute{\alpha}\tau o\varsigma} = 2E_0 \, cos(\frac{k(r_2 - r_1)}{2})$$

Η ένταση της ακτινοβολίας είναι *(βλέπε R.A.Serway, εξίσωση (34.26))*

$$I = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}} \, E^2_{\pi\lambda\acute{\alpha}\tau o\varsigma}$$

άρα: $$I = 2\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}} \, E_o^2 \, cos^2(\frac{k(r_2 - r_1)}{2})$$

Στα σημεία όπου η ένταση γίνεται μέγιστη θα έχομε,

Ενισχυτική συμβολή (I=max): $\frac{1}{2}k(r_2 - r_1) = m\pi, \quad m = 0,1,2,3...$

ενώ στα σημεία όπου η ένταση γίνεται ελάχιστη έχομε:

Καταστρεπτική συμβολή (I=0): $\frac{1}{2}k(r_2 - r_1) = m\pi + \frac{\pi}{2}; \quad m = 0,1,2,3...$

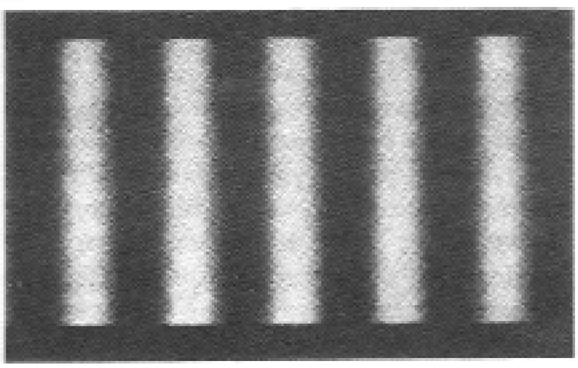
Από το σχήμα έχομε: $r_2 - r_1 = d\sin\theta$, ενώ ο κυματαριθμός ορίζεται: $k = 2\pi/\lambda$, οπότε οι προηγούμενες σχέσεις γράφονται:

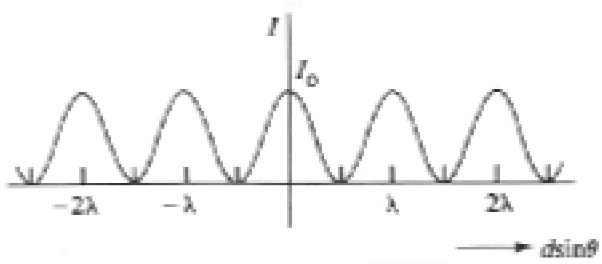
Ενισχυτική συμβολή: $\boxed{d\sin\theta = m\lambda, \quad m = 0,1,2,3...}$

Καταστρεπτική συμβολή: $\boxed{d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda, \quad m = 0,1,2,3...}$

Συνεπώς η ένταση της ακτινοβολίας που προέρχεται από την συμβολή δύο σύμφωνων πηγών (ή από δύο σχισμές) είναι:

$$I = 2\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}}\, E_o^2 \cos^2\gamma, \quad \textbf{όπου} \quad \gamma = \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}$$

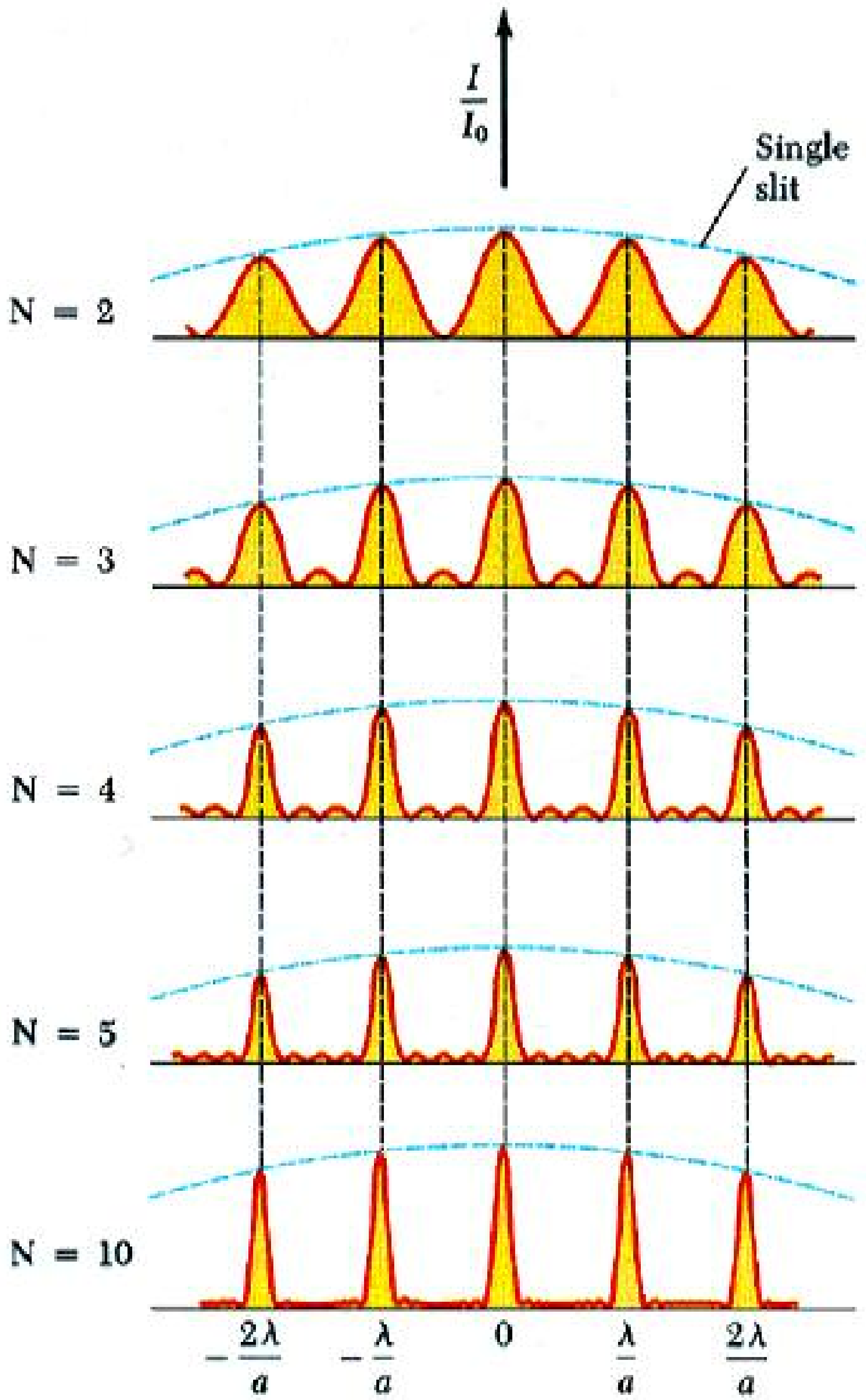




(φωτεινοί κροσσοί - σκοτεινοί κροσσοί συμβολής)

Αντίστοιχα, η έντταση της ακτινοβολίας που προέρχεται από την συμβολή N σύμφωνων πηγών (ή από N σχισμές) είναι:

$$I = I_o \frac{sin^2(N\gamma)}{sin^2\gamma} \quad \textbf{(*), όπου} \quad \gamma = \frac{\pi d sin\theta}{\lambda}$$



Απόδειξη της σχέσης (*) (μπορείτε να την παραλείψετε)

Υποθέτουμε ότι διαθέτουμε N σύμφωνες πηγές ή N σχισμές οι οποίες είναι παρατεταγμένες επί ευθείας γραμμής και ισαπέχουν μεταξύ τους απόσταση d (η ίδια διάταξη με αυτή του σχήματος 37.4). Εφαρμόζοντες την αρχή της επαλληλίας θα έχουμε ότι η συνισταμένη διαταραχή στο σημείο P:

$$E = E_1 + E_2 + ... + E_N = E_0 \sin(kr_1 - \omega t) + E_0 \sin(kr_2 - \omega t) + ... + E_0 \sin(kr_N - \omega t) \qquad (a)$$

Υποθέτω ότι το σημείο P βρίσκεται πολύ μακρυά από τις στοιχειώδεις πηγές, οπότε μπορώ να υποθέσω ότι: $d\sin\theta \approx r_2 - r_1 \approx r_3 - r_2 \approx .... \approx r_N - r_{N-1}$. *Έτσι έχω*

$kr_2 = kr_1 + kd\sin\theta = kr_1 + \varepsilon,$
$kr_3 = kr_2 + kd\sin\theta = k\,r_1 + 2\varepsilon,$
$kr_4 = kr_3 + kd\sin\theta = k\,r_1 + 3\varepsilon,$
……………………………
$kr_N = kr_{N-1} + kd\sin\theta = k\,r_1 + (N-1)\varepsilon,$ *όπου* $\varepsilon = kd\sin\theta = \dfrac{2\pi d\sin\theta}{\lambda}$.

Οπότε μπορώ να υπολογίσω το τριγωνομετρικό άθροισμα:

$$S = \sin(kr_1 - \omega t) + \sin(kr_2 - \omega t) + \sin(kr_3 - \omega t) + ... + \sin(kr_N - \omega t)$$
$$= \sin(kr_1 - \omega t) + \sin(kr_1 - \omega t + \varepsilon) + \sin(kr_1 - \omega t + 2\varepsilon) + ... + \sin(kr_1 - \omega t + (N-1)\varepsilon)$$

Πράγματι

$$S = \frac{\sin(N\frac{\varepsilon}{2})}{\sin(\frac{\varepsilon}{2})}\sin(k\,r - \omega t), \text{ όπου } r = \frac{2r_1 + (N-1)\varepsilon}{2} = \frac{r_1 + r_N}{2}$$

Επομένως, η (a) γράφεται, για $\gamma = \frac{1}{2}kd\sin\theta = \dfrac{\pi d\sin\theta}{\lambda} = 2\varepsilon$,

$$E = E_0 \frac{\sin N\gamma}{\sin\gamma}\sin(k\,r - \omega t) \qquad (\beta)$$

δηλ.

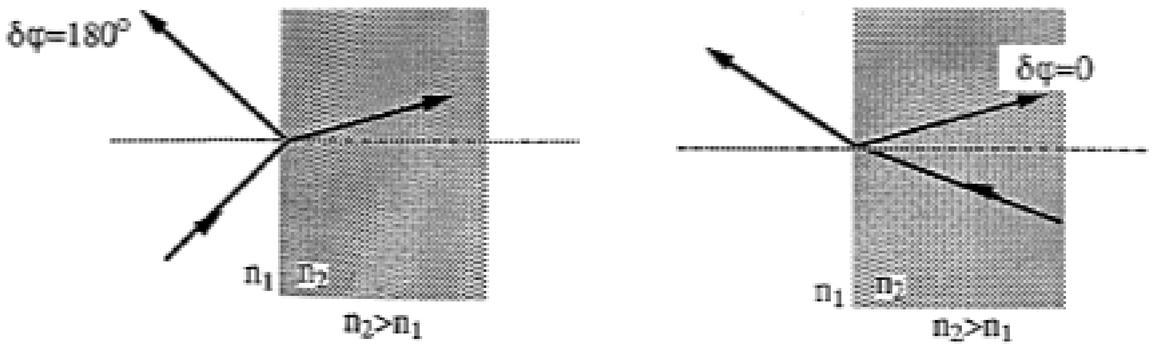
η συνιστάμενη διαταραχή είναι πάλι οδεύον κύμα, με πλάτος: $E_0 \dfrac{\sin N\gamma}{\sin\gamma}$.

Η ένταση της ακτινοβολίας είναι

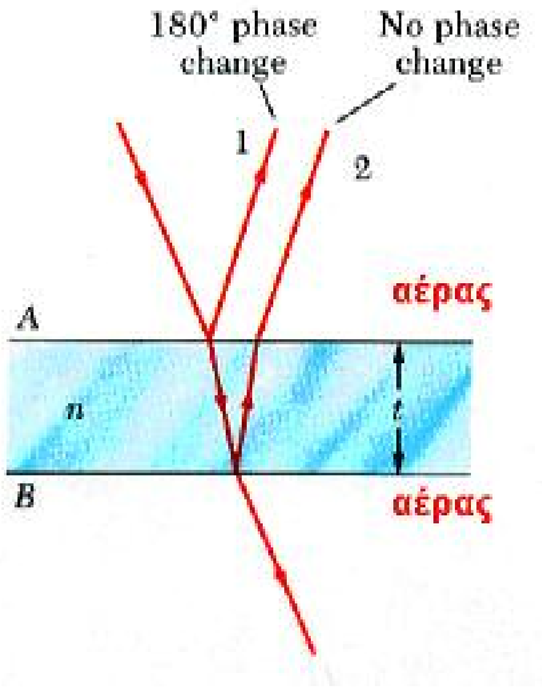
$$I = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}}\,E^2_{\pi\lambda\acute{\alpha}\tau o\varsigma} = I_o \frac{\sin^2(N\gamma)}{\sin^2\gamma}, \text{ όπου } I_o = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}}\,E_o^2 \text{ και } \gamma = \frac{\pi d\sin\theta}{\lambda} \quad \text{QED.}$$

ΑΛΜΑ ΦΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΛΑΣΗ:

Η ανακλώμενη ακτινοβολία από μια διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων υφίσταται ένα άλμα φάσης 180^o, μόνον όταν το κύμα διαδιδόμενο σε οπτικό μέσον χαμηλού δείκτου διαθλάσεως προσπίπτει επί διαχωριστικής επιφανείας πίσω από την οποίαν υπάρχει οπτικό μέσον μεγαλύτερου δείκτου διαθλάσεως.



ΛΕΠΤΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ:



Για κάθετη πρόσπτωση, οι ακτίνες 1 και 2 έχουν διαφορά δρόμου 2t και άλμα φάσης 180^o, άρα δίδουν φαινόμενα συμβολής:

Ενισχυτική συμβολή:

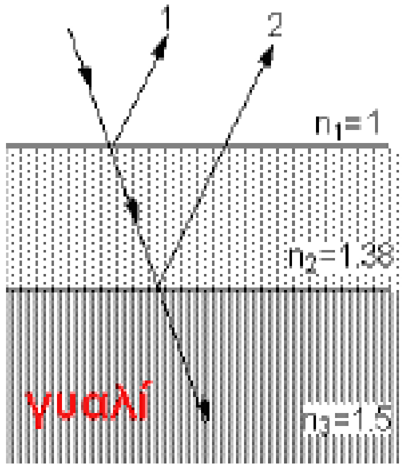
$$\boxed{2t = (m + \tfrac{1}{2})\frac{\lambda}{n}, \quad m = 0,1,2,3...}$$

Καταστρεπτική συμβολή:

$$\boxed{2t = m\frac{\lambda}{n}, \quad m = 0,1,2,3...}$$

(n είναι ο δείκτης διάθλασης του οπτικού μέσου μέσα στο οποίο η ακτίνα 2 διανύει επί πλέον δρόμο 2t έναντι της ακτίνας 1)

***Παράδειγμα:* Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες, επιδιώκουμε η ανακλώμενη ακτινοβολία να είναι όσο το δυνατόν ελαχίστη. Γι αυτό το σκοπό μπορούμε να επικαλύψουμε το τζάμι του θερμοσίφωνα με λεπτό στρώμα ουσίας MgF_2, δείκτου διάθλασης n=1.38 Πόσο πρέπει να είναι το πάχος του επιστρώματος, ώστε να ελαχιστοποιείται η ανάκλαση του ηλιακού φωτός; Μπορείτε να εργαστείτε με το μέσο μήκος κύματος του ορατού φάσματος, λ=550 nm.**



***Λύση:* Οι ακτίνες 1 και 2 πρέπει να συμβάλουν καταστρεπτικά, έχοντας και οι δύο ακτίνες υποστεί άλμα φάσης 180°, οπότε για κάθετη πρόσπτωση έχομε,**

$$2t = (m + \tfrac{1}{2})\frac{\lambda}{n_2}, \quad m = 0,1,2,...$$

ή

$$t = (0 + \tfrac{1}{2})\frac{\lambda}{2n_2} = \frac{550nm}{4 \times 1.38} = 99.6nm \approx 0.1\mu m$$