

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

6 ο Εξάμηνο ΣΕΜΦΕ

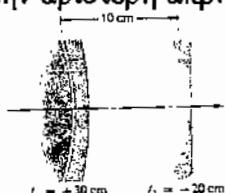
1ο φιλλάδιο
Ανοιξη 2004

- Δείξτε ότι για ένα επίπεδο φωτεινό κύμα ισχύει η σχέση: $\mathbf{k} \times \mathbf{E} = \omega \mathbf{B}$, όπου \mathbf{k} το κυματάνυσμα και \mathbf{E}, \mathbf{B} τα διανύσματα των ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.
- Φωτεινοί παλμοί διάρκειας 2 ns ο καθένας εκπέμπονται από laser που έχει διάμετρο διατομής δέσμης 2.5 mm. Άν κάθε παλμός έχει ενέργεια 6 J: (a) προσδιορίστε το μήκος που καταλαμβάνει στο χώρο κάθε παλμός και (b) την πυκνότητα ενέργειας υ κάθε παλμού.
- Μια ακτίνα φωτός προσπίπτει υπό γωνία θ_i από τον αέρα ($n_0 = 1.0$) σε επίπεδο διηλεκτρικό πλακίδιο πάχους d και δείκτη διάθλασης n . Δείξτε ότι η εξερχόμενη από το πλακίδιο ακτίνα υφίσταται μια παράλληλη μετατόπιση ως προς την προσπίπτουσα και υπολογίστε την παράλληλη μετατόπιση.
- Η γωνία πόλωσης (γωνία Brewster) θ_p του διηλεκτρικού υλικού του πρίσματος (βλέπε σχήμα) μετρήθηκε ίση με 55° για ένα μήκος κύματος λ στο ορατό. Βρείτε την πορεία μιας παράλληλης δέσμης φωτός του ίδιου μήκους κύματος λ που προσπίπτει υπό γωνία $\theta_i = 30^\circ$ (στο μέσο της καθέτου επιφανείας AB του πρίσματος) μέχρις ότου εξέλθει από το πρίσμα.
- Ένα διηλεκτρικό πλακίδιο με παράλληλες επιφάνειες και δείκτη διάθλασης n_2 περιβάλλεται από άλλο διηλεκτρικό μέσο δείκτη διάθλασης n_1 . (a) Διερευνήστε και σχεδιάστε την πορεία μιας ακτίνας μονοχρωματικού φωτός (που αντιστοιχεί στους δ. δ. n_1 και n_2) η οποία προσπίπτει στο πλακίδιο, ως συνάρτηση της γωνίας πρόσπτωσης θ_i όταν $n_1 < n_2$ και $n_1 > n_2$. (b) Αν η δέσμη αποτελείται από δύο μήκη κύματος λ_1 (κόκκινο) και λ_2 (μπλε) σχεδιάστε και δικαιολογήστε την πορεία των επιμέρους δεσμών στις δύο περιπτώσεις.
- Δείξτε ότι οι γωνίες πόλωσης για εξωτερική και για εσωτερική ανάκλαση σε κάποια διαχωριστική επιφάνεια είναι συμπληρωματικές, δηλαδή $\theta_p + \theta_p' = 90^\circ$.
- Δείξτε ότι για την παραξονική προσέγγιση η μεγένθυση που οφείλεται σε σφαιρική διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ των μέσων με δ. δ. n και n' (βλέπε σχήμα) δίνεται από τη σχέση $M_T = -n/n'$. Υπόδειξη: Εφαρμόστε το νόμο του Snell για μικρές γωνίες και προσεγγίστε τις εφαπτομένες (ή ημίτονα) με τις γωνίες.
- Υπολογίστε την εστιακή απόσταση ενός λεπτού αμφίκυρτου φακού ($n = 1.5$) με ακτίνες καμπυλότητας 20 και 40 cm. Προσδιορίστε και περιγράψτε το είδωλο ενός αντικειμένου σε απόσταση 40 cm από το φακό.

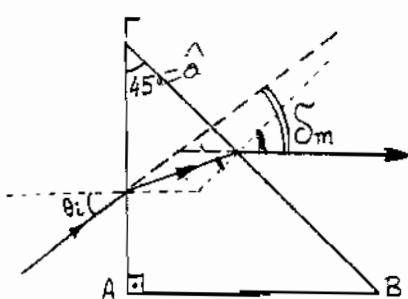
9. Ένας αμφίκοιλος φακός ($n = 1.5$) έχει ακτίνες 20 και 10 cm και πάχος στον άξονά του 5 cm. Προσδιορίστε τη θέση και περιγράψτε το είδωλο ενός εγκάρσιου αντικειμένου ύψους 2 cm που τοποθετείται 8 cm από την πρώτη κορυφή. Πρώτα προσεγγίστε το πρόβλημα σταδιακά βρίσκοντας το είδωλο που σχηματίζεται από τη διάθλαση στην πρώτη σφαιρική επιφάνεια του φακού και μετά χρησιμοποιώντας το τελευταίο ως αντικείμενο βρείτε τη θέση του τελικού ειδώλου. Συγκρίνατε το αποτέλεσμα σας με τη θέση του ειδώλου που προκύπτει αν χρησιμοποιήσετε την εξίσωση των λεπτών φακών.

10. Ένας λεπτός αμφίκυρτος γυάλινος φακός ($n = 1.56$) έχει εστιακή απόσταση 10 cm όταν περιβάλλεται από αέρα ($n_0 = 1.0$). Αν ο φακός τοποθετηθεί σε δοχείο με νερό σε πόση απόσταση από το φακό θα σχηματιστεί το είδωλο ενός ψαριού που απέχει 100 cm από το φακό;

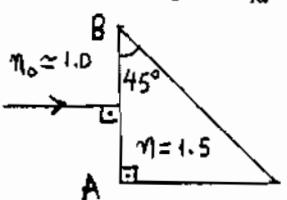
11. Προσδιορίστε τη θέση και τη μεγένθυση ενός αντικειμένου που απέχει 30 cm από την αριστερή άκρη ενός συστήματος λεπτών φακών (βλέπε σχήμα). Υπολογίστε το αποτέλεσμα που έχει κάθε φακός ξεχωριστά και σχεδιάστε την πορεία αντιπροσωπευτικών ακτίνων.



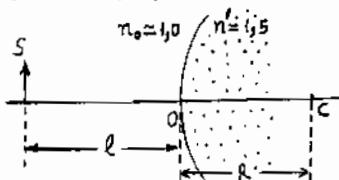
12. Παράλληλη μονοχρωματική δέσμη φωτός προσπίπτει στην κάθετη επιφάνεια πρίσματος (βλέπε σχήμα) και μεταβάλλοντας τη γωνία θ_i μετράμε τη γωνία ελάχιστης εκτροπής $\delta_m = 25^\circ$. Αν το πρίσμα περιβάλλεται από αέρα ($n_0 = 1.0$), να βρεθούν (α) η γωνία πόλωσης θ_p του υλικού, (β) η οριακή γωνία θ_c για ολική εσωτερική ανάκλαση στην υποτείνουσα επιφάνεια ΒΓ και (γ) η γωνία πρόσπτωσης θ_i στην κάθετη επιφάνεια ΑΓ που αντιστοιχεί στην οριακή περίπτωση ολικής εσωτερικής ανάκλασης στην ΒΓ.



13. Μονοχρωματική δέσμη επίπεδου φωτεινού κύματος προσπίπτει κάθετα από τον αέρα ($n_0 \approx 1.0$) στην κάθετη επιφάνεια ΑΒ ενός ισοσκελούς ορθογωνίου πρίσματος από γυαλί δείκτη διάθλασης $n = 1.5$ (βλέπε σχήμα). (α) Βρείτε την πορεία της δέσμης που εισέρχεται στο πρίσμα μέχρις ότου εξέλθει απ' αυτό και (β) αν δεν υπάρχουν απώλειες από απορροφήσεις στο πρίσμα, τι ποσοστό της φωτεινής ισχύος θα εξέλθει από το πρίσμα;



14. Μια κυρτή διαθλαστική επιφάνεια ακτίνας καμπυλότητας $R = 10$ cm διαχωρίζει δύο οπτικά μέσα με δείκτες διάθλασης $n = n_0 = 1.0$ (αέρας) και $n' = 1.5$ (γυαλί). (α) Να προσδιοριστούν οι θέσεις (αποστάσεις) και το είδος των δύο εστιών της διπλοθλαστικής επιφάνειας. (β) Πώς θα σχηματιστεί το είδωλο ενός αντικειμένου που τοποθετείται σε απόσταση $l = 10$ cm αριστερά της επιφάνειας. Πραγματοποιήστε γεωμετρική κατασκευή του ειδώλου.



15. (α) Χρησιμοποιώντας την εξίσωση λεπτών φακών, δείξτε ότι η εστία ενός αμφίκυρτου (συγκλίνοντα) φακού είναι πραγματική ($f > 0$), ενώ αυτή ενός αμφίκοιλου (αποκλίνοντα) φακού φανταστική ($f < 0$). (β) Ένα αντικείμενο τοποθετείται εγκάρσια πάνω στον κύριο άξονα λεπτού φακού. Πάλι με χρήση της εξίσωσης λεπτών φακών, προσδιορίστε αν το είδωλο που σχηματίζεται είναι πραγματικό ή φανταστικό στις εξής περιπτώσεις: (α) αμφίκυρτος φακός, $l > f$, (β) αμφίκυρτος φακός, $l < f$ και (γ) αμφίκοιλος φακός, $l > f$. Επιβεβαιώστε τα συμπεράσματά σας με γεωμετρικές κατασκευές του ειδώλου στις τρεις περιπτώσεις.

ΛΥΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ

12 Διαύλογο

Άνδρης 2022

1.1 Αν διαπιστώσεις ότι στις εδώ κάτω τις διαδιδόσεις
κατά γενάρην \times , τότε τα διακύματα του μετακόμισματος E και παραγόμενης πλευράς B \rightarrow θα

$$\begin{array}{c} \uparrow E_y \\ \diagdown \quad \diagup \\ B_z \quad X \quad \rightarrow \\ \text{Είναι κάθετα οι δύο αριστερά } X \text{ και} \\ \text{κάτετα προτού του} \\ E \perp X, B \perp X \text{ και } E \perp B \end{array}$$

Έτσι, αν $\vec{E} = E_y \hat{y}$, $\vec{B} = B_z \hat{z}$ γνωστήσεις ότι $E_y = c B_z (1)$

Διαπιστώσεις το εγγετηρικό γνωστό:

$$\vec{K} \times \vec{E} = K \hat{x} \times E_y \hat{y} = K E_y \hat{x} \times \hat{y} = K E_y \hat{z} \quad (2)$$

$$\text{Όμως } K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{c/\nu} = \frac{2\pi\nu}{c} = \frac{\omega}{c} \quad (3)$$

Ανικανοτοπίες της (1), (3) ή της (2)

$$\vec{K} \times \vec{E} = K E_y \hat{z} = \frac{\omega}{c} c B_z \hat{z} = \omega \vec{B}$$

1.2 Εάν χρησιμοποιούμε την κάθετη της κάθετης παραπομπή, δηλ. τα φύλα της διαδικασίας της παραπομπής της κύριας γεγονότητας από τη σχέση:

$$l = c \Delta t = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times 2 \times 10^{-9} \text{ s} = 0.6 \text{ m}$$

(β) Η διαδικασία για διατύπωση του περιήγησης στην στρώση που έχει πλάσει το πλαίσιο της παραπομπής της παραπομπής, ορίζεται ως περιήγηση κάθετης παραπομπής. Σίγουρα:

$$V = \pi R^2 l = 3.14 \times (1.25 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times 0.6 \text{ m} = 2.94 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Η περιήγηση συγχωνεύεται σε λίγες

$$u = E/V = 6.3 / 2.94 \times 10^{-6} \text{ m} \approx 2 \times 10^6 \text{ m/s}$$

1.3

A

 $n_0 = 1.0$

n

d

s

d

t

d

θ_t

d

θ_i

d

θ_{i'}

d

θ_{t'}

d

Δύο διαδικασίες έχουν:

$$\sin\theta_i = n \sin\theta_t \quad \text{και} \quad n \sin\theta'_i = \sin\theta'_t$$

Αφού $\sin\theta_t = \sin\theta'_t$ οπότε $\sin\theta_i = \sin\theta'_t \Rightarrow \theta_i = \theta'_t$
 Τοποθετώντας την απόχρωση στην εξισώση για την ισορροπία των γωνιών που διαμόρφωσαν την θέση της κατάβολης φωτός (της κατάβολης φωτός) και αρχίζοντας από την περιστολή της εγγύτερης γωνίας, θα έχουμε:

Άριστη γεωμετρία ABA, με περιστολή S στην:

$$S = AB \sin(\theta_i - \theta_t) = \frac{AF}{\cos\theta_t} (\sin\theta_i \cos\theta_t - \sin\theta_t \cos\theta_i)$$

$$S = d \left(\frac{\sin\theta_i \cos\theta_t - \sin\theta_t \cos\theta_i}{\cos\theta_t} \right) = d \left(\sin\theta_i - \frac{\sin\theta_i \cos\theta_i}{\cos\theta_t} \right)$$

$$S = d \sin\theta_i \left[1 - \frac{\cos\theta_i}{n(1 - \sin^2\theta_t)^{1/2}} \right] = d \sin\theta_i \left[1 - \frac{\cos\theta_i}{n(1 - \sin^2\theta_i)^{1/2}} \right]$$

$$S = d \sin\theta_i \left[1 - \frac{\cos\theta_i}{(n^2 - \sin^2\theta_i)^{1/2}} \right]$$

1.4 Η γωνία της ρευματοδότη (Brewster's angle) $\theta_i = \theta_p$ αποτελεί την αριθμητική προσθιά της γωνίας εγγύτερης προστολής για την απομάκρυνση της φωτός.

$$\frac{v_{||}}{v_{\perp}} = \tan(\theta_i - \theta_p) = 0 \rightarrow \tan(\theta_i + \theta_p) \rightarrow \text{οποιαδήποτε}$$

$$\theta_i + \theta_p = \pi/2 \Rightarrow \theta_p = \pi/2 - \theta_i \Rightarrow \sin\theta_p = \sin(\pi/2 - \theta_i)$$

$$\text{Και} \quad \sin\theta_p = \cos\theta_i (1)$$

Συνοδηγός για την Τέλος Snell: $\sin \theta_i = n \sin \theta_r$ και
 $\sin \theta_r = \frac{1}{n} \sin \theta_i$ (2). Αντικαθιστώμε την (2) στην (1):

$$\frac{1}{n} \sin \theta_i = \cos \theta_r \Rightarrow \boxed{\tan \theta_r = n}, \text{ δηλ.$$

$$\rightarrow \boxed{\tan \theta_r = n}, \text{ t.c.}$$

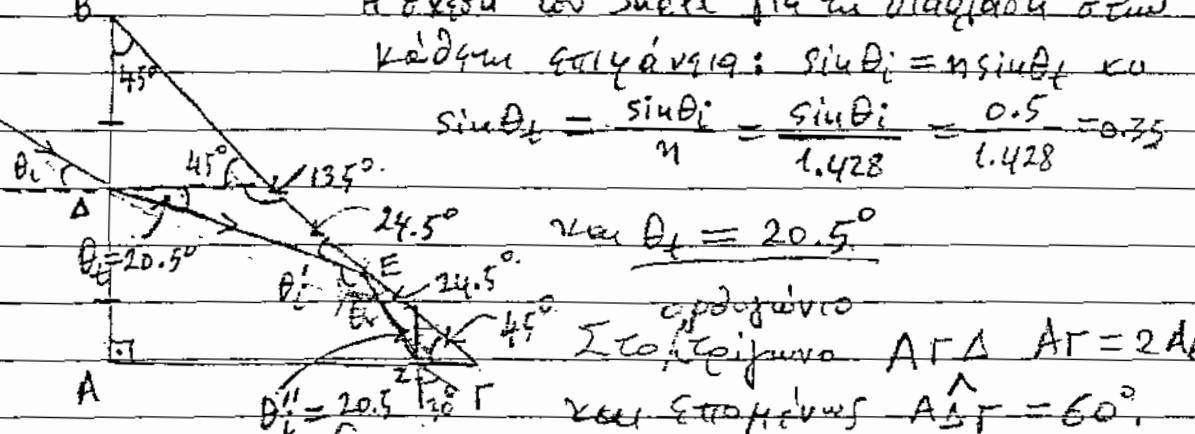
Αριθμούμε σχέση (3) μεταφράζουμε το δ.δ. των αριθμών

$$n = \tan 55^\circ = 1.428$$

Η όψη του Snell για την διάδρομη στις

κάθετη γεγονότη: $\sin \theta_i = n \sin \theta_r$ και

$$\sin \theta_r = \frac{\sin \theta_i}{n} = \frac{\sin \theta_i}{1.428} = 0.5 = 0.35$$



Ιταλική γλώσσα: ΑΓΔ ΑΓ = 2 ΔΔ

$$\theta_i'' = 20.5^\circ \text{ και } \text{επομένως } \hat{A}\Delta\Gamma = 60^\circ.$$

Τι να πει, η διαδρομή αποτελείται από την πρώτη φορά στην
υποστήριξη της ΒΓ μέσα γιανία $\theta_i' = 65.5^\circ$

Την διαδρομή από τη δέρμα στη διάδρομη είναι
δε αναγνοεί γιατί ουσία ΒΓ. Η αριθμ. γιανία
για αυτήν είναι ανάλογη στην Εγκέλαδον και είναι:

$$\boxed{n \sin \theta_c = \sin 90^\circ} \Rightarrow \theta_c = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$\theta_c = 44.45^\circ$$

Επειδή η γιανία προστίθεται $\theta_i' > \theta_c$ δαίχωσης
δεν γίνεται ανάγνωση καθώς τη προστίθεται στη γιανία.
Ουτός είναι ο θερμός ΑΓ μέσα γιανία $\theta_i'' = 20.5^\circ$ και δε σε αυτήν
αποκρίνεται από την κάθετη, μέσα γιανία $\theta_i''' = 30^\circ$ που
νεροποιείται από την υποστήριξη

$$\sin \theta_i''' = n \sin \theta_i'' = 1.428 \times 0.35 \approx 0.50 \Rightarrow \theta_i''' \approx 30^\circ$$

1.5(a) Όταν $n_1 < n_2$ στην πρώτη επιφάνεια θα υπάρξει ολόκληρη απόσταση από την κάθετη. Η διάδρομη μήκος θα είναι μεγαλύτερη από την κάθετη. Η διάδρομη μήκος θα προστίθεται στην εσωτερική (κάτω) επιφάνεια υπέρ την άνω. Η διάδρομη μήκος θα είναι η μεταβολή της επιφάνειας από την κάθετη στην άνω. Η οριακή γωνία για οπική επέκταση ανάγκαστη δίνεται από την $\sin \theta_c = n_1/n_2$. Οι διαφορετικές ανάγκες από την θέση να είναι η πρώτη ή η δεύτερη επιφάνεια θα αναγκάσουν ότι η οριακή γωνία για την πρώτη επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από την οριακή γωνία για τη δεύτερη επιφάνεια.

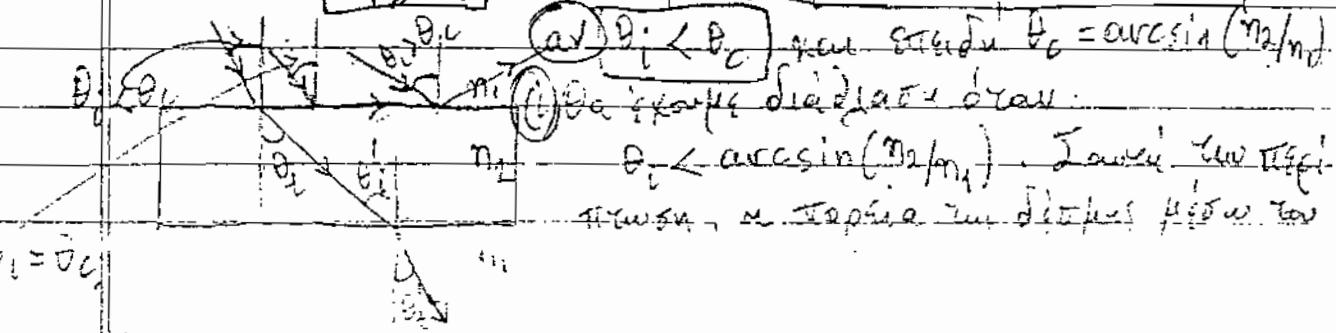
Εγγράψατε το ρόπτρα του Snell για την πάνω επιφάνεια:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t, \text{ ή } \sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \text{ και επομένως}$$

$$\sin \theta'_i = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \Rightarrow \boxed{\sin \theta'_i = \sin \theta_c \sin \theta_i} \quad (1)$$

Από την (1) φαίνεται ότι η θ'_i δεν μπορεί να ξεπερνεί την θ_c και από αυτό μπορεί να μετατρέψει ορική εσωτερική γωνία σε κάθετη επιφάνεια. Από αυτό οποιαδήποτε γωνία πρόστιμου θέτεται ακόμη η μηδένα πιο μεγάλη γωνία την οποία θα μπορεί να επιτελείται: $\theta'_i = \theta_c$ και αυτή η οπίσταση σίγουρα αποτελείται για την αντίστροφη γωνία της αντιστροφής της πρώτης επιφάνειας για την δεύτερη επιφάνεια.

Όταν $n_1 > n_2$ θα έχουμε διάδρομη στην πάνω επιφάνεια



$$n_2 \sin \theta'_i = n_1 \sin \theta_t$$

$$n_2 \sin \theta'_i = n_1 \sin \theta_t \Rightarrow \sin \theta'_i = \sin \theta_t$$

περιδίου δα οίναι ανηφορική κατά τη σύγχρονη γεωμετρία $\theta'_t = \theta_t$ (ήτοι $\theta_t = \theta'_t$)

(ii) για $\theta_t = \arcsin(n_2/n_1)$, η ακίνητη διαδικασία την πάνω επιφάνεια την επιφάνεια και δα ωντείται να διαδικαστεί σαντικά με διάδοση χωρίς να προστέθεται στην κατεύθυνση.

(iii) για $\theta_t > \arcsin(n_2/n_1)$, η ακίνητη διαδικασία την πάνω επιφάνεια και δα διαδικαστεί στην κατεύθυνση.

(g) Χαρώνεις | Την πίνακα δημιουργεί ο Κ.Δ. Είναι ονόματος των $n_1 = n_0 = 1.0$ (αέρας) $n_2 = n_r$, νότια πλευράς ή : $n = n(\theta)$ την φύση της οποίας μετατρέπεται σε ανελαφέντη. Επομένως δα είναι $n_p < n_r$. Και γιατί διαδικαστεί την πάνω επιφάνεια, το μήκος δα εργάζεται παραπότητα την κατεύθυνση $\theta_{tr} - \theta_0 = 1$ απ' όπου το κόκκινο:



$$\sin \theta_t = n_r \sin \theta_{tt} \Rightarrow \sin \theta_{tt} = \frac{1}{n_r} \sin \theta_t$$



$$\sin \theta_i = n_r \sin \theta_{tr} \Rightarrow \sin \theta_{tr} = \frac{1}{n_r} \sin \theta_i$$

Επειδή $n_p < n_r$ προκύπτει ότι $\theta_{tr} > \theta_{tb}$ Διότι ακίνητης παίξει χαράδρια διαδικασίας την πάνω επιφάνειας $\theta'_t = \theta_{tr}$ και $\theta'_b = \theta_{tb} - \theta_{tr}$ ην κατεύθυνση της γένους ανηφορικής δα εξιδύνει από τη γεωμετρία υπόγειων $\theta_t = \theta_b = \theta_i$, δηλ. ταράτσας, στην παταραπίδιας η παραπότητα την κάτινη δέσμη των μήκων. Η παταραπίδη της παταραπίδης από την πάνω επιφάνεια την πάνω γεωμετρίας θ_i .

Αναλύεται αποτελεσματολογείται ότι $n_r < n_p$ και $n_2 = n_0 = 1.0$, δηλ. ότι την πάνω επιφάνεια την πάταραπίδη της παταραπίδης διαδικαστεί από την ανηφορική παταραπίδη. Τέλος, η κάτινη ακίνητη διαδικασία δα είναι ανηφορική την πάνω γεωμετρίας θ_i .

Επειδή $n_p < n_r < n_2$

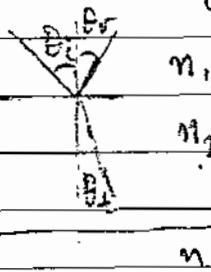
1.6 Οι γενικές τοπωνυμίες και οι αντανακλάσεις που προκαλούνται από την επίδραση
μετανοματικής της επιστροφής στον φασματογένη:

$$v_H = \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)} \Rightarrow \text{για να γίνεται πραγματικός εφεύρεται}$$

κατ' έναν γενικότερο ανάλογον. Αυτό επιβαίνει στον
 $\theta_i + \theta_t = \pi/2 \Rightarrow \theta_t = \pi/2 - \theta_i \Rightarrow \sin \theta_t = \sin(\pi/2 - \theta_i) \text{ και}$
 $\sin \theta_t = \cos \theta_i \quad (1)$

Εφαπτήστε την Snell για την διατίθεται
σχέση:

(i) Η προπονώντας τον αριθμό αριθμητικά θα ορίζεται
το μετρητικό: $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \Rightarrow \sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i$



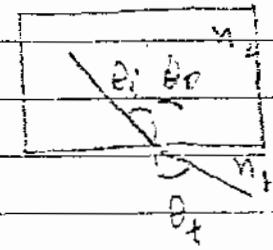
Αναπαραγγέλματος σχέση (1)

$$\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i = \cos \theta_i \Rightarrow \tan \theta_i = \frac{n_2}{n_1}, \text{ δηλ.}$$

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

(ii) Η διατίθεται από την αντίστροφη στην αριθμητική
αριθμητικό: $n_2 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_t \Rightarrow \sin \theta_t = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_i$

Ανακαραίνεται σχέση (2)



$$\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_i = \cos \theta_i \Rightarrow \tan \theta_i = \frac{n_1}{n_2} \text{ και}$$

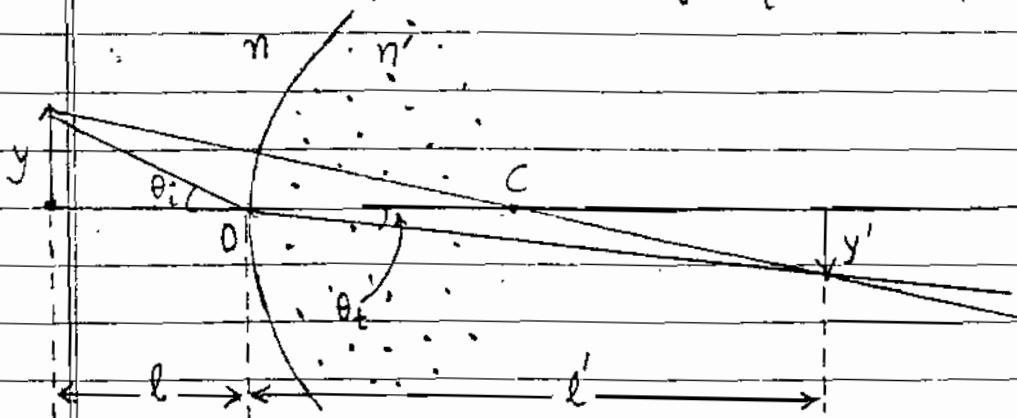
$$\tan \theta'_p = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

Από τις (2) και (3) προκύπτει: $\tan \theta_p = 1/\tan \theta'_p$.

$$\frac{\sin \theta_p}{\cos \theta_p} = \frac{\cos \theta'_p}{\sin \theta'_p} \Rightarrow \sin \theta_p \sin \theta'_p - \cos \theta_p \cos \theta'_p = 0 \text{ και}$$

$$\cos(\theta_p + \theta'_p) = 0 \Rightarrow \theta_p + \theta'_p = 90^\circ$$

1.7 Τυπογραφικό γάδος στην εκπύξη: Η σχέση των διαν στην εκπύξη και γενικά: $M_T = -n\ell/n'l$.



Από το νόμο του Snell για τη διάβρωση στη διαχύστακή στηριζόμενη σχέση:

$$\text{nsini}_i = \text{nsinf}_t \quad \text{και για την προσαρτική προσέγγιση:} \\ n\theta_i \approx n'\theta_t \Rightarrow \theta_t/\theta_i \approx n'/n \quad (1)$$

Η προσαρτική δίνει την γενική $M_T = -l'/l$ (εφεύρεται από την προσέγγιση) και για την επικεφαλής δίνει την γενική σχέση της διαχύστακής στηριζόμενη στηριζόμενη σχέση:

$$\begin{aligned} l' &= l \tan \theta_t \approx l' \theta_t \quad (3) \\ l &= l \tan \theta_i \approx l \theta_i \end{aligned}$$

Από τα συνδυαρόμενα (1), (2) και (3) βιώνεται την σχέση

$$M_T = -\frac{l' \theta_t}{l \theta_i} = -\frac{n l'}{n l}$$

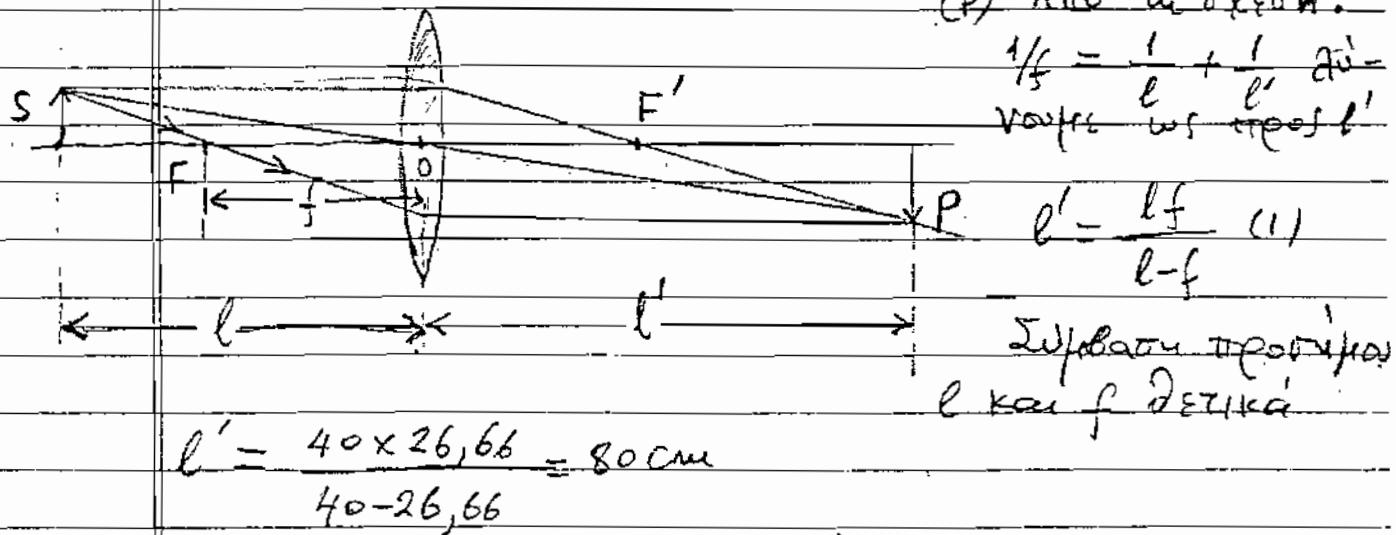
1.3 (a) Από την εξίσωση της άστρινης φακού: $f_f = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

Έκπτωση: $f = \frac{1}{n-1} \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (1)$. Το απότιμο της φακούς

η τύπου προσίφων (R > f) και ως η αντίταχος κίνησή
έναν δέσμια για την καρυδιά (D) μεταδιατίθεται στην
 $R_1 > D$ και $R_2 < D$. Και η γενική απόσταση αναγνωρίζεται
να είναι ίδια. Αναλογώντας στην (1):

$$f = \frac{1}{1.5-1} \frac{20 \times (40)}{40-20} = 2 \times \frac{800}{60} = 26,66 \text{ cm}$$

(B) Ανά την οξεία:



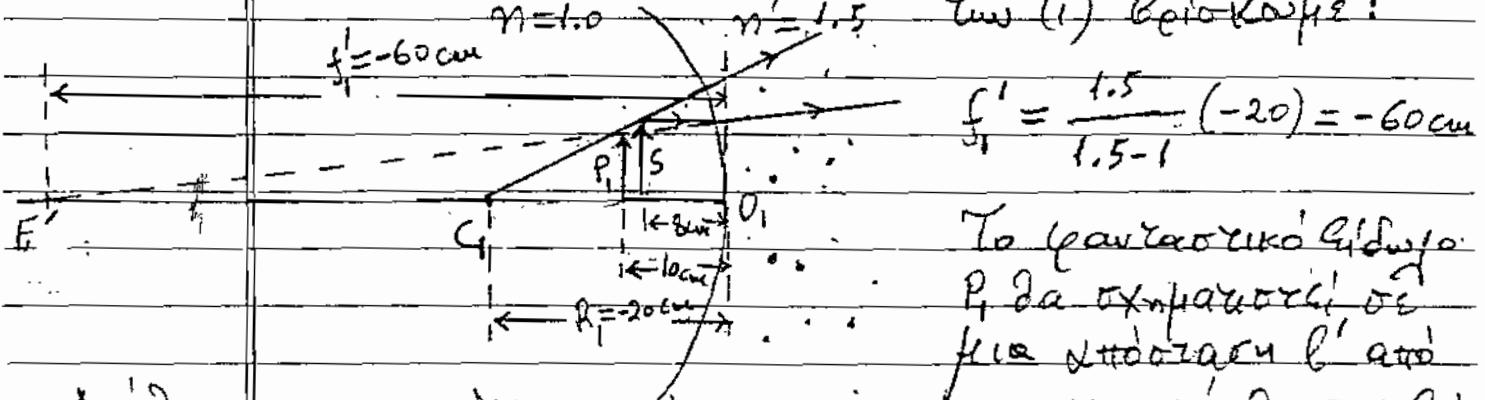
Το είδυτο είναι πραγματικό, ανεργοφόβιο και
μεγενδυνήσιμη δέσμια των γαλακτών. Έναν μεγενδυνήσιμο
αριθμό $l' > 2f$. Η γενικότερη κατασκευή των ειδύτων
προσίφων αν περιλαμβάνει χαρακτηριστικές ακίνητες από την
κερύκη των ειδύτων. Τέταρτες ακίνητες είναι: μία την
διαρρέεται από την πλευρά σώματος F η οποία διαρρέεται
από την κερύκη σήμερα, μία την διαρρέεται από την
κερύκη με σημείο τοποθέτησης της κερύκης σήμερα
η οποία διαρρέεται από την πλευρά σώματος F πάντα την
κερύκη από την πλευρά, μία την διαρρέεται από την πλευρά
της κερύκης η οποία διαρρέεται από την πλευρά της κερύκης.

1.9 Την γενική μετατροπή την εστιάκι αποδοτεί f την ίδια.
Πραγματικής στηργατικής ποσότητας
την αντανακλαστικής αντεξιστέντης την βρίσκεται στο
διεύρυνση από την πλευρά... Γνωρίζεται στην γενική μετατροπή

Koini enyfodria με σολα F, Είναι φακοσκοπή και δημιουργεί απίστροφη γυγγαντερία. Η σύρβαση προστιθέτει νηδυτικότητα, αρντ. Μερικό για την κάτια R, της επιφάνειας

$$f_1 = \frac{n}{n-n} R \quad \text{[Η καθώς το ριζό C, βρίσκεται στη σχέση με την κορυφή D, έτσι από]$$

την (1) βελτώνεται:



To φακοσκοπό είδωσε
P₁ η ανταντική σε
f₁ και οποιαδήποτε

διάδειξε την πρώτη επιφάνεια.

Ανταντικό S με l₁ = 8cm

Ειδωσε F με l₁' = -10cm

την κορυφή D, στη δημιουργία

ΟΚΕΤΩΝ από την οποίαν

$$\frac{n}{l_1} + \frac{n'}{l_1'} = \frac{n-n}{R_1} \quad (2)$$

από την l₁ δεικνύει και R, αναγνωρίζεται την επιφάνεια

$$l_1' = \frac{n'Rl_1}{(n'-n)l_1 - nR} = \frac{1.5 \times (-20) \times 8}{0.5 \times 8 - 1 \times (-20)} = -10\text{cm}$$

Η γεωμετρική κατανοώντας την επιφάνεια P₁ στην επιφάνεια

To ειδείσθη P₁ ποιητεί πάτε ανταντικόν για τη διάδειξη
την δεύτερη κορυφή επιφάνειας απόλαυσης R₂ = 10cm. Την ίδια
τη "ανταντικό" P₂ παραβάλλεται στη βιτρίνα, στα δια-
κύπελλα σχετικά με την διάδειξη. 1.5. Και οι αποτάσεις

$$n = 1.5 \quad n = 1.0$$

$$l_2 = 10 + 5 = 15\text{cm} \text{ από}$$

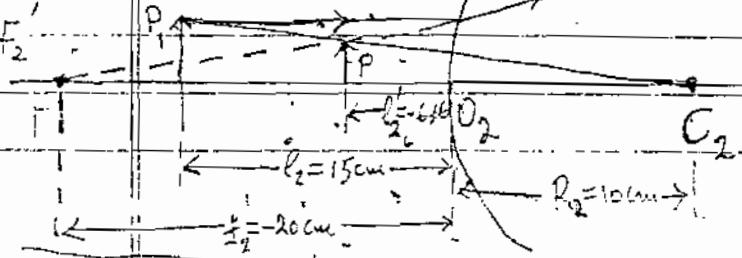
την κορυφή O₂

Η σύρβαση αποδεικνύει

f₂' για τη διάδειξη

f₂' επιφάνεια βιτρίνας

$$d = 25\text{cm} \quad y_2 = k_2 z_2$$



* Από την κορυφή του S παραδίδεται ακτίνες C, S (από τον κεντρό), και την παραβάλλεται την κορυφή εφαρμοστείται σε αδιάστατη F'

1.10

$f_2' = \frac{n'}{n-n} R_2$ οπου $n = 1.5$ και $n' = 1.0$. Ανακαθορίζεται βρόκος:

$$f_2' = \frac{1}{1-1.5} 10 = -20 \text{ cm}, \text{ δηλ. παραβολής εστία } F_2'$$

Η δίση των ειδών στην P αριστερά από την εξότη:

$$\frac{n}{l_2} + \frac{n'}{l_2'} = \frac{n'-n}{R_2} \Rightarrow l_2' = \frac{n' R_2 l_2}{(n'-n) l_2 - n R_2}$$

$$l_2' = \frac{1 \times 10 \times 15}{(-0.5) \times 15 - 1.5 \times 10} = -6.666 \text{ cm}$$

Η γενικευτική κατασκευή των ειδών στην P είναι:
 Τα παραπάνω. Εστία των κατασκευών της ειδύλλιας
 διμηαρίτητης εστίας την τοπή των προεκτάσεων
 δύο χαρακτηριστικών ακτίνων από την κορυφή^(γενικευτικό)
 των "αντικειμένων" P, : η πρώτη παρατητική προς την κύρια
 αξονα και η δεύτερη προς την διεύθυνση προς την κύρια C₂.
 Η δίση των ειδών στην P μεταγράφεται, όχι την κορυφή O₂,
 αλλά το κέντρο των συναρμοτών των διαδικαστικών επενδύσεων, δηλ. το κέντρο των γαρίδων σε επίπεδο
 $l' = - (6.666 - 2.5) = -4.166 \text{ cm}$

Τύπο προετοπίσης το πρόσημα διεργάσιμα. Το διάνοια
 την δύο διαδικαστικών επενδύσεων με "αττικό φάσο"
 και εγγραφής των εγγίων γεγονότων (παραπομπής):

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{l'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \text{ δηλ. } l = 8 + 2.5 = 10.5 \text{ cm}$$

$R_1 = -20 \text{ cm}, R_2 = 10 \text{ cm}$ και $n = 1.5$ (πρώτη διαδικασία)
 σ αρχας $l \approx 1.0$ ($\delta d \approx 1.0$). Το για εδώ με την ίδια αναγνώ-

για τη φύσην των αποτάσσυν γεμβάνομε, όχι κάτια.
Κορυφή, αλλά για κάτιο του γενναίου γακού. Αντεφένεις
προς l' :

$$l' = \frac{R_1 R_2 l}{(n-1)(R_2 - R_1)l - R_1 R_2} = \frac{(-20) \times 10 \times 10.5}{0.5 \times [10 - (-20)] \times 10.5 - (-20) \times 10} =$$

$\stackrel{\text{πλο αριθμ.}}{=} -5.87 \text{ cm}$
Αυτή είναι την απόχει σημαντικά από την πρώτη $l' = -4.166 \text{ cm}$.
Τον μεταφέρομε δημιουργώντας τη διαδόσεις στη διάσταση
στοιχείων επιγένετης γεμβάνομε. Είναι όπως αναγνωρίζουμε
την τιμή $d = 5 \text{ cm}$. Τον γρακά άνω μερόφο σε
σχέση με τη μικρή σχετικά κορυφούχη για
απεριόντων.

Η περίπτωση στην πρώτη διαχωριστική επιγένετα είναι:

$$M_{T1} = \frac{y_1}{y} \cdot l. \quad \text{Άρα τα όποια γράψαμε: } y_1/y = \frac{10}{12} = 0.833$$

Είναι όμως δύσκολη επιγένετα με μερίδιαν έτσι:

$$M_{T2} = \frac{y'}{y_1 l} = \frac{16.666}{25} = 0.666 \quad \text{και με γρήγορη μετάβληση:}$$

$$M_T = M_{T1} \cdot M_{T2} = 0.833 \times 0.666 = 0.555 \quad \text{και το μετρητή του}$$

$$\text{επιπλέον } p \text{ θα είναι } y' = 2 \times 0.555 = 1.11 \text{ cm}$$

1.10 * Ισημερινού εκπνίων : δ.δ. νέφων = 1.33)

Η γεννήση των διεργών γεννάκι αποτελείται
γακού:

$\frac{1}{f} = (n - n_0) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$, τον n ο δ.δ. της
γεννήσης γακού της n_0 είναι δ.δ. του τροπισθεντού φύσης
Για την γεννήση αποτελείται γακού: $R_1 > 0$, $R_2 < 0$
Διαρροή των επαρτάνω εξισώσεων για τη διάσταση
ταττης διανομής της ισημερινής γεννήσης γακού

$$\text{μετά νέρο: } \frac{1}{f_a} = (1.56 - 1.0) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{f_v} = (1.56 - 1.33) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Διαφορή της παρατημένης αξίας για την νέρη:

$$\frac{1/f_a}{1/f_v} = \frac{0.56}{0.23} \Rightarrow f_v = \frac{0.56}{0.23} f_a = 2.43 \times 10 = 24.3 \text{ cm}$$

Η διαφορά στην θέση της παρατημένης αξίας για την νέρη:

$$\frac{1/l + 1}{l'} = \frac{1}{f_v} \Rightarrow l' = \frac{l f_v}{l - f_v} = \frac{100 \times 24.3}{100 - 24.3} = 32.1 \text{ cm}$$

Σημείο του γακού

11.11 Ιστορία πρώτη (αρχικής) γακό, από την οξείαν

$$\frac{1/l_1 + 1}{l'_1} = \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{l'_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{l_1} = \frac{1}{30} - \frac{1}{30} = 0$$

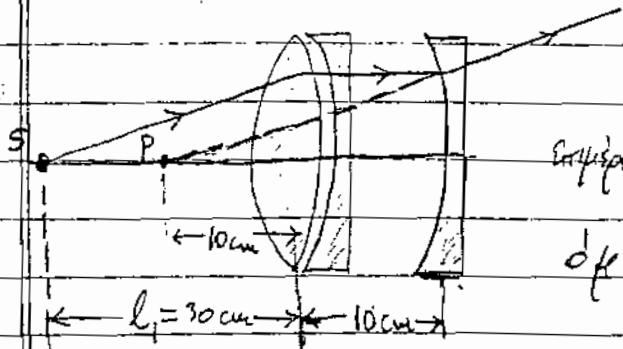
Σημ. $l'_1 = \infty$, το γεγονός ότι ο γακός είναι από την οξείαν στην αρχική θέση της συντεταγμένης στην οξείαν σημαίνει ότι η θέση του γακού είναι στην οξείαν.

Για την δεύτερη (αρχικής) γακό την αντίστροφην
διαδικασία στην οξείαν στην θέση της αρχικής γακός
(παρατημένης) είναι ότι την θέση της αρχικής γακός από την
θέση της δεύτερης γακός είναι από την οξείαν.

$$\frac{1/l_2 + 1}{l'_2} = \frac{1}{f_2} \quad (l_2 = \infty, f_2 = -20 \text{ cm})$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{l'_2} = \frac{1}{-20} \Rightarrow l'_2 = -20 \text{ cm} \quad \text{Το γανγραφέται στην θέση της δεύτερης γακός}$$

Κόμιστρο για την οξείαν στην θέση της δεύτερης γακός



H μεγένετος των ανταντάριών
δείχνει τη γνώμονα των
επιπλέοντας $M_T = M_{T1} M_{T2}$

$$\text{όφει } M_{T1} = \frac{y_1'}{y_1} = \frac{l_1'}{l_1}$$

$$M_{T2} = \frac{y_2'}{y_2} = \frac{l_2'}{l_2}$$

και

$$M_T = \frac{l_1'}{l_1} \frac{l_2'}{l_2} \text{ ούτως } l_1 = 30 \text{ cm}, l_1' = \infty, l_2 = \infty, l_2' = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = \frac{\infty}{30} \frac{20}{\infty} = \frac{2}{3}$$

$$1.12 \text{ (a) Από την οξιά } n = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta_m}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin \frac{45+25}{2}}{\sin \frac{45}{2}}$$

βρίσκομε το d.d. των γυγικών $n = 1.4988 \approx 1.50$

H γυγική τούφων θ_p για την ανάγλυψη (όπου φένε
μα από της σύνορα περιοχών πολύμονης ανάγλυψης,
αυτή την γίνεται καθότι δε γίνεται ανάγλυψη)

Πιοτερα από την οξιά : $\tan \theta_p = n \Rightarrow \theta_p = \arctan(n)$
και $\theta_p = 56.31^\circ$

(B) H σημαντική γυγική θ_c για αρκετά ευτελείς ανάγλυψη
βρίσκεται από την οξιά (νόμος των Snell για την
ταράτση την μοιαζόμενη γύγινη γεγαγγατή της επιφάνειας ανάγλυψης, δηλ. ανακ. $\theta_t = 90^\circ$)
 $n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$ ($n_i = 1.5, n_t = 1.0, \text{αφεντ., } \theta_i = \theta_c$
και $\theta_t = 90^\circ$)

$$\text{Οπότε } \sin \theta_c = \frac{1}{n_i} \Rightarrow \theta_c = \arcsin \left(\frac{1}{n_i} \right) = \arcsin \left(\frac{1}{1.5} \right)$$

$$\text{Και } \theta_c = 41.8^\circ$$

(c) Το επιπλέον ΓΑΕΖ σίγου σημαντικό αγάλιμα

$$\Gamma \Delta E = \Gamma \Sigma E = 90^\circ \rightarrow \text{Επομένως } \Delta E > 120^\circ - 45^\circ = 135^\circ$$

