

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ



ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να γνωρίζετε τις βασικές υποθέσεις του μοντέλου των ακτίνων για το φως καθώς και σε ποια φαινόμενα αυτό χρησιμοποιείται.
- Να μάθετε τους νόμους της ανάκλασης και της διάθλασης.
- Να μπορείτε να χρησιμοποιείτε την εξίσωση των κατόπτρων αλλά και να σχεδιάζετε ένα σχήμα με τις κύριες ακτίνες ώστε να βρίσκετε τη θέση του ειδώλου ενός κατόπτρου.



ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να μπορείτε να προσδιορίζετε τη θέση του ειδώλου από διάθλαση χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη εξίσωση.
- Να μπορείτε να χρησιμοποιείτε την εξίσωση των φακών αλλά και να σχεδιάζετε ένα σχήμα με τις κύριες ακτίνες ώστε να βρίσκετε τη θέση του ειδώλου που δημιουργεί ένας φακός.



ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΣΤΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

- Από το βιβλίο του J. Newman «Φυσική της Ζωής» την §20.2 - §20.4 και §21.1.
- Από το βιβλίο των Freedman / Ruskell / Kesten / Tauck «Βασικές Αρχές Φυσικής στις Επιστήμες Υγείας» την §23.2 (μόνο ο νόμος της διάθλασης), §23.3 (ολική ανάκλαση), §24.1 - §24.8.





ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Έχουμε ήδη αντιμετωπίσει το φως ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα.
- Εντούτοις, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα απλοποιημένο μοντέλο που είναι γνωστό ως ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ.



ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Το συγκεκριμένο μοντέλο δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν το φως αλληλεπιδρά με αντικείμενα οι διαστάσεις των οποίων είναι **πολύ μεγαλύτερες** από το μήκος κύματός του.
- Αυτή είναι η περίπτωση των τυπικών οπτικών οργάνων (φακοί, καθρέπτες κ.ο.κ.)



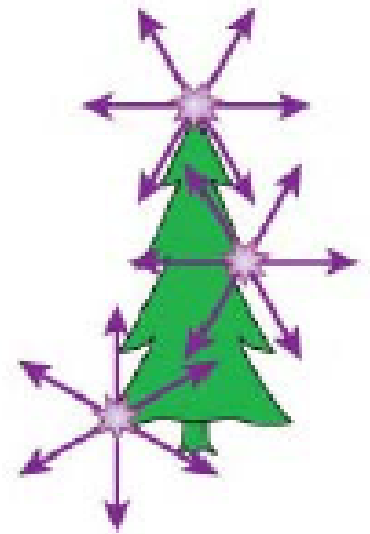
ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.
- Οι ακτίνες μπορούν να διασταυρώνονται χωρίς να αλληλεπιδρούν.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Κάθε σημείο ενός αντικειμένου είναι πηγή φωτεινών ακτίνων προς όλες τις κατευθύνσεις (αυτόφωτο αντικείμενο).
- Κάθε σημείο ενός αντικειμένου ανακλά τις ακτίνες που προσπίπτουν πάνω του από μια πηγή (ετερόφωτο αντικείμενο).



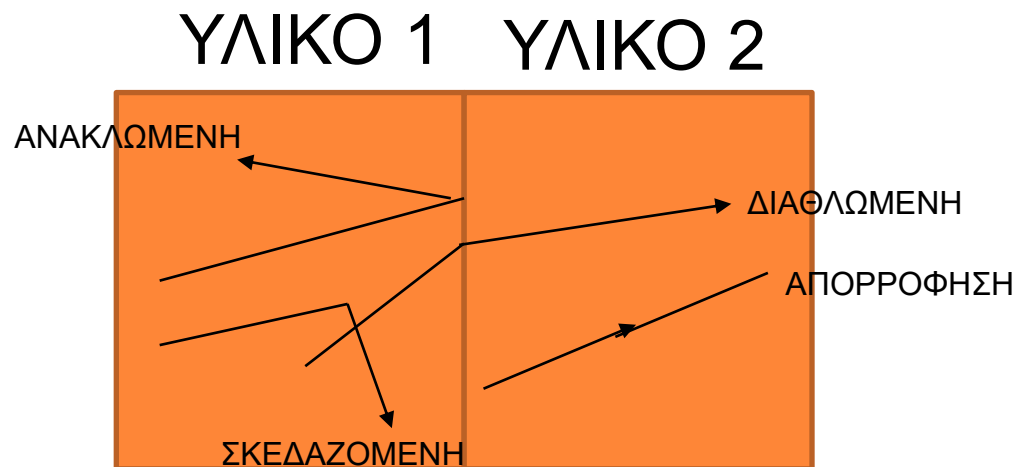
ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Βλέπουμε ένα τέτοιο αντικείμενο όταν μέρος των ακτίνων που εκπέμπει εισέρχονται στο μάτι μας.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Μια ακτίνα διαδίδεται για πάντα (δηλ. δεν σταματά πουθενά) εκτός αν συναντήσει ύλη οπότε είτε **ανακλάται** είτε **σκεδάζεται** είτε **διαθλάται** είτε **απορροφάται**.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

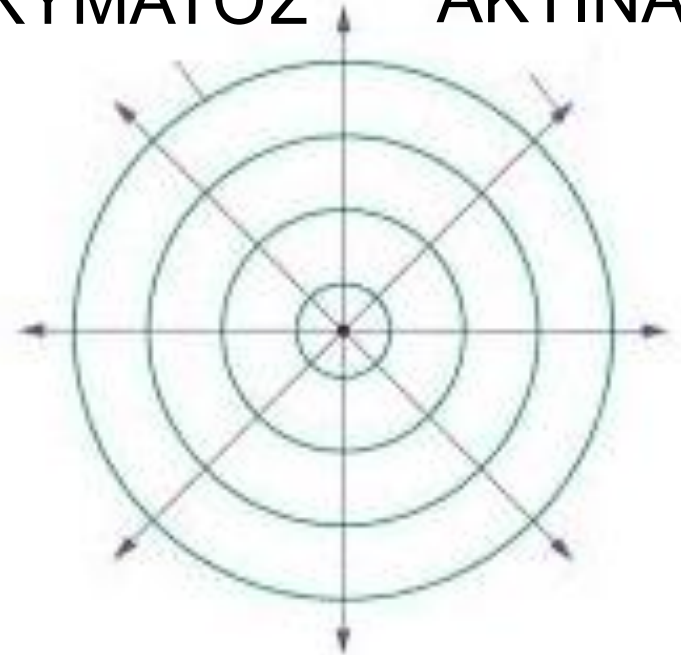
- Από όλες αυτές τις διεργασίες θα ασχοληθούμε μόνο με την **ανάκλαση** και τη **διάθλαση** και θα αγνοήσουμε τη σκέδαση και την απορρόφηση.
- Η ανάκλαση και η διάθλαση είναι βασικές για να κατανοήσουμε πως λειτουργούν διάφορα όργανα (π.χ. μικροσκόπια, φωτογραφικές μηχανές, τηλεσκόπια κ.ο.κ.)

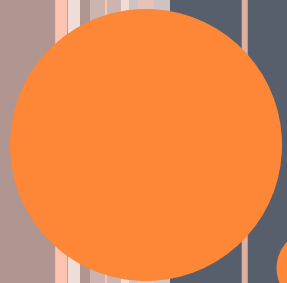


ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- Οι φωτεινές ακτίνες είναι ευθείες γραμμές που είναι κάθετες στα μέτωπα κύματος και απομακρύνονται από την πηγή.

ΜΕΤΩΠΟ
ΚΥΜΑΤΟΣ ΑΚΤΙΝΑ





ΑΝΑΚΛΑΣΗ

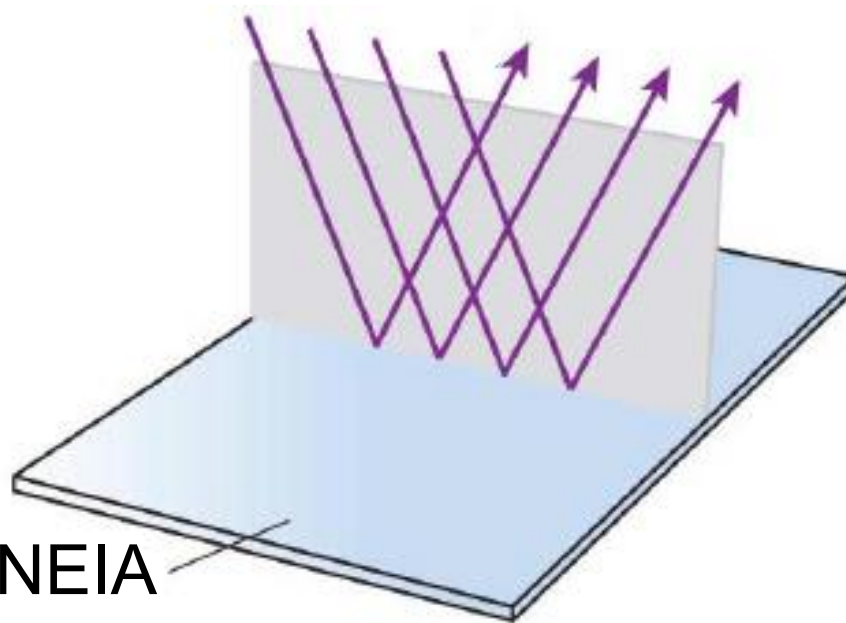
ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Συμβαίνει όταν το φως προσπέσει στη λεία επιφάνεια που διαχωρίζει δύο μέσα (π.χ. γυαλισμένο μέταλλο, γυαλί κ.ο.κ.)



1^ΟΣ ΝΟΜΟΣ ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

- Η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη και η κάθετος στην επιφάνεια ανάκλασης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ



2^{ΟΣ} ΝΟΜΟΣ ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

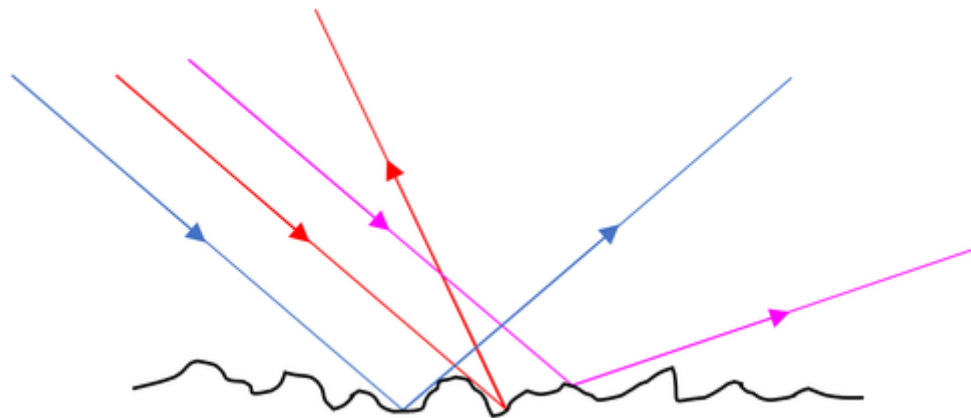
- Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με την γωνία ανάκλασης.

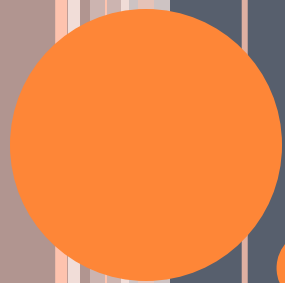
$$\theta_i = \theta_r$$



ΜΗ ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Συνήθως, οι ανακλαστικές επιφάνειες δεν είναι λείες και η ανάκλαση που συμβαίνει δεν είναι κατοπτρική αλλά διάχυτη.





ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

- Ορίζεται για κάθε μέσο στο οποίο διαδίδεται το φως από το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο κενό (c_0) προς την ταχύτητα στο υλικό (c). Δηλαδή:

$$n = \frac{c_0}{c}$$



ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

- Πρόκειται για καθαρό αριθμό χωρίς μονάδες.
- Επειδή είναι πάντα $c_0 \geq c$, ο δείκτης διάθλασης είναι μεγαλύτερος της μονάδας.



ΟΠΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

- Με βάση το δείκτη διάθλασης μπορούμε να συγκρίνουμε δύο μέσα ως προς την οπτική τους πυκνότητα.
- Αν ισχύει ότι $n_1 > n_2$, τότε λέμε ότι το μέσο 1 είναι οπτικά πυκνότερο από το 2.



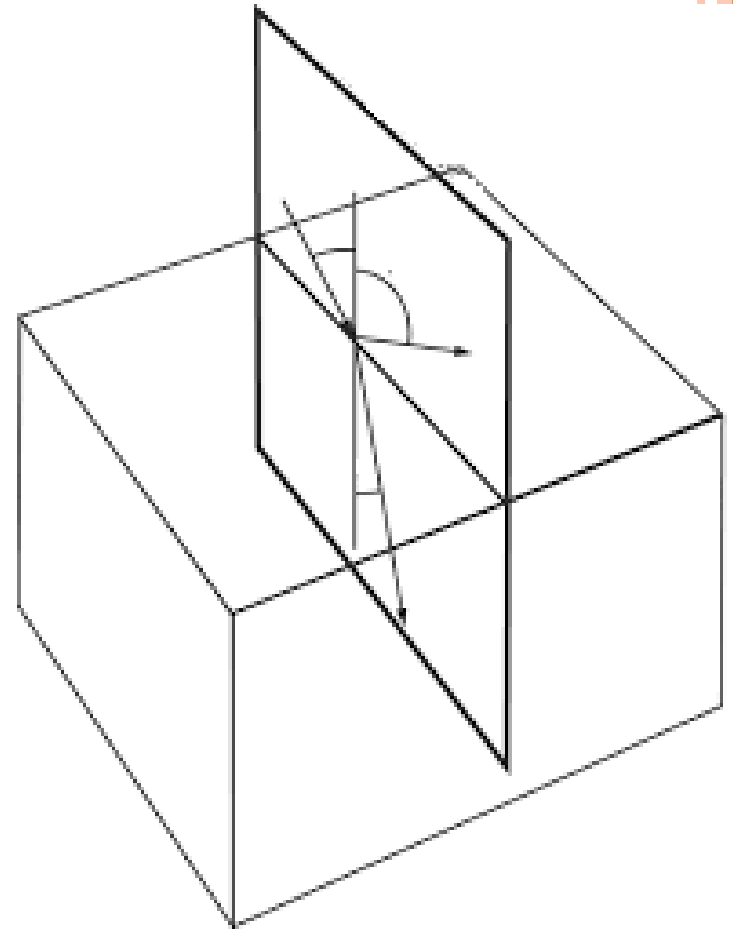
ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Συμβαίνει όταν το φως προσπέσει στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο διαφανών μέσων οπότε αλλάζει κατεύθυνση διάδοσης.



1^{ΟΣ} ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

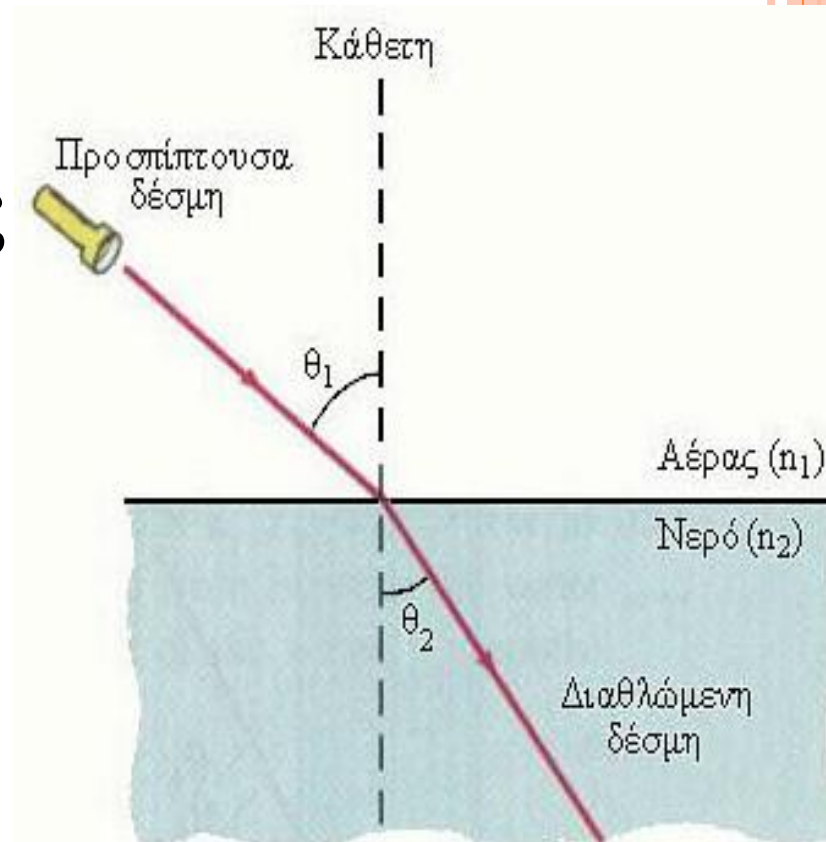
- Η προσπίπτουσα, η διαθλώμενη (η ανακλώμενη) και η κάθετος στην επιφάνεια βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



2^{ΟΣ} ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ (ΝΟΜΟΣ SNELL)

- Οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης και οι συντελεστές διάθλασης ικανοποιούν το νόμο του Snell.

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$



ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Από το νόμο του Snell εύκολα προκύπτει ότι όταν το φως περνά από οπτικά αραιό σε οπτικά πυκνό μέσο πλησιάζει προς την κάθετο.
- Αν αντιθέτως περνά από πυκνό σε αραιό μέσο τότε απομακρύνεται από την κάθετο.



ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

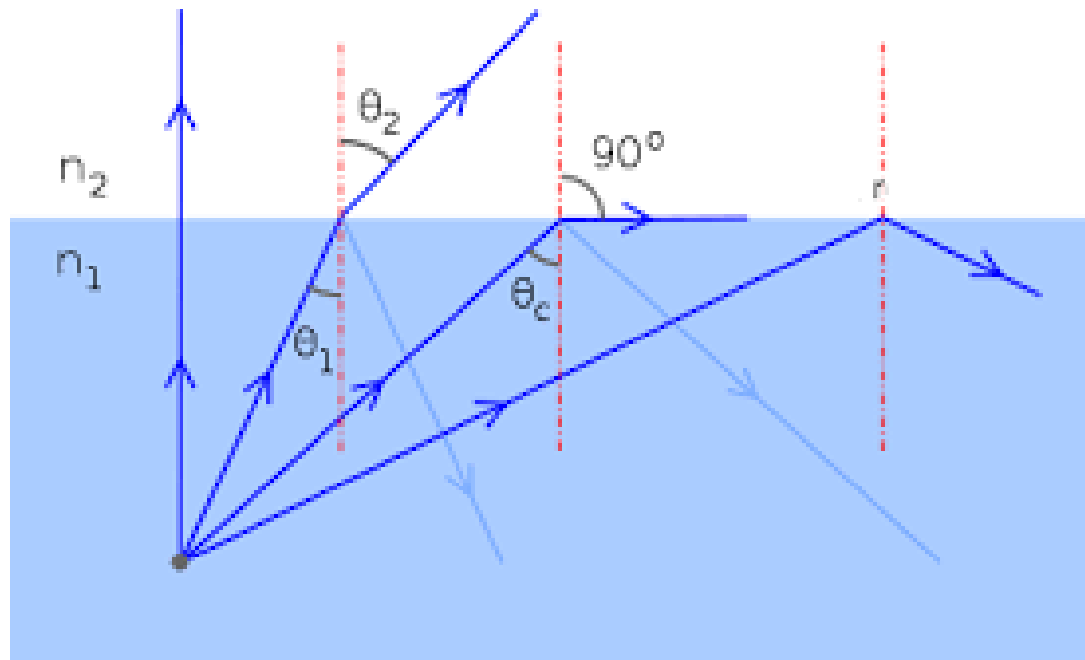
- Μπορεί να συμβεί όταν το φως περνά από πυκνό σε αραιό μέσο και η γωνία είναι μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή (οριζή γωνία).



ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

○ Σχηματικά:

$$n_1 > n_2$$



ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Αποδεικνύεται ότι η κρίσιμη τιμή της γωνίας είναι:

$$\sin\theta_{crit} = \frac{n_2}{n_1}$$

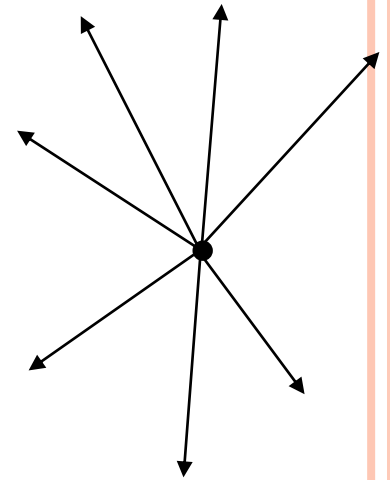




ΕΙΔΩΛΑ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ- ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Η ΕΝΝΟΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

- Λέγοντας **αντικείμενο** στην οπτική εννοούμε ένα οποιοδήποτε σώμα αυτόφωτο ή ετερόφωτο, από κάθε σημείο του οποίου μπορούμε να θεωρούμε ότι ξεκινούν φωτεινές ακτίνες.



Η ΕΝΝΟΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

- Το αντικείμενο μπορεί να είναι **σημειακό ή εκτεταμένο**.
- Κάθε εκτεταμένο αντικείμενο μπορεί να θεωρήσουμε ότι αποτελείται από ένα πλήθος σημειακών αντικειμένων.



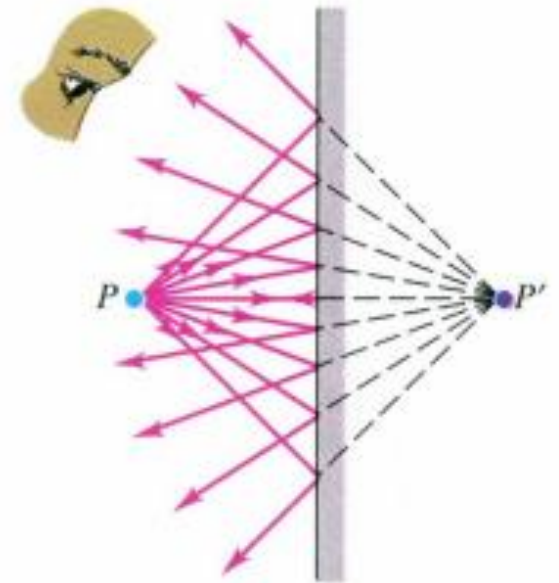
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P .
- Ορισμένες από τις ακτίνες που ξεκινούν από το P προσπίπτουν σε έναν καθρέπτη (κάτοπτρο) και ανακλώνται.
- Ένας καθρέπτης είναι μια ανακλώσα επιφάνεια η οποία προστατεύεται από ένα γυαλί.



ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

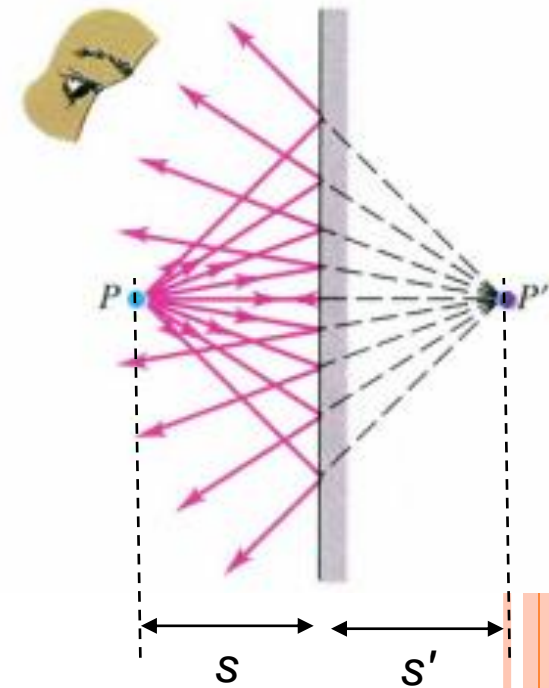
- Προφανώς στο μάτι ενός παρατηρητή εισέρχονται απευθείας ακτίνες από το Ρ.
- Εδώ όμως μας ενδιαφέρουν οι ακτίνες που εισέρχονται στο μάτι του παρατηρητή μετά από ανάκλαση.



ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Ο παρατηρητής έχει την εντύπωση, λόγω της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός που υποθέτει, ότι οι ακτίνες προέρχονται από το P' .
- Το P' είναι το **είδωλο** του P που σχηματίζεται από ανάκλαση.
- Μάλιστα το είδωλο σχηματίζεται σε ίση απόσταση πίσω από τον καθρέπτη με την απόσταση που απέχει το αντικείμενο από τον καθρέπτη, δηλ.

$$s = s'$$



ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Αξίζει να σημειωθεί ότι αν η ανάκλαση ήταν διάχυτη, τότε οι ανακλώμενες ακτίνες δεν θα συνέκλιναν σε ένα σημείο πίσω από τον καθρέπτη και δεν θα εμφανίζονταν το είδωλο του P.

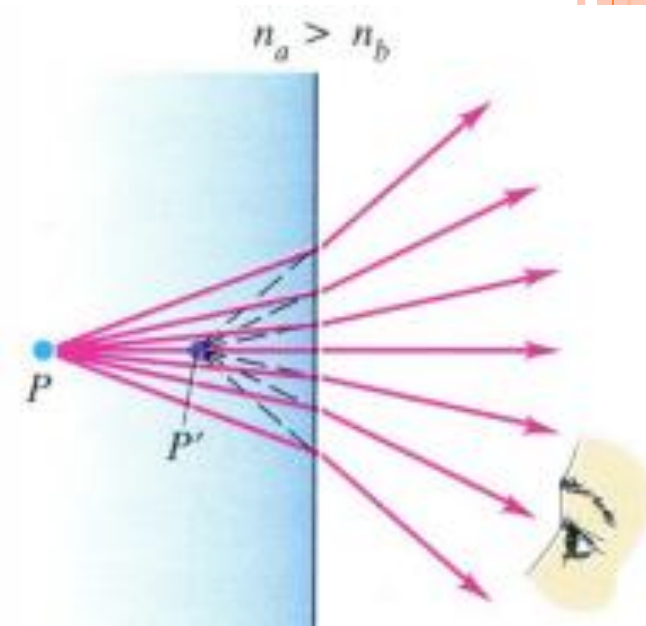




ΕΙΔΩΛΑ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

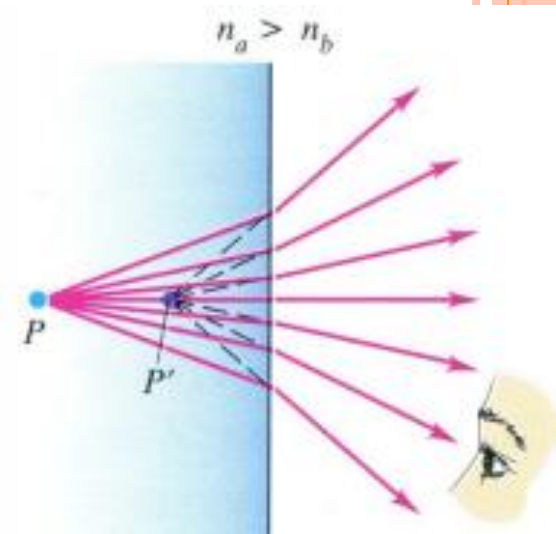
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P .
- Από το P οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια επιφάνεια και διαθλώνται.
- Αν θεωρήσουμε ότι το φως διέρχεται από οπτικά πυκνό σε οπτικά αραιό μέσο, τότε οι ακτίνες απομακρύνονται από την κάθετο.



ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Οι διαθλώμενες ακτίνες φθάνουν στον παρατηρητή και λόγω της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός θεωρεί ότι προέρχονται από το P' .
- Το P' είναι το είδωλο, από διάθλαση, του αντικειμένου P .
- Στην πραγματικότητα στο P' συγκλίνουν μόνο οι ακτίνες που προσπίπτουν στην επιφάνεια υπό μικρή γωνία.



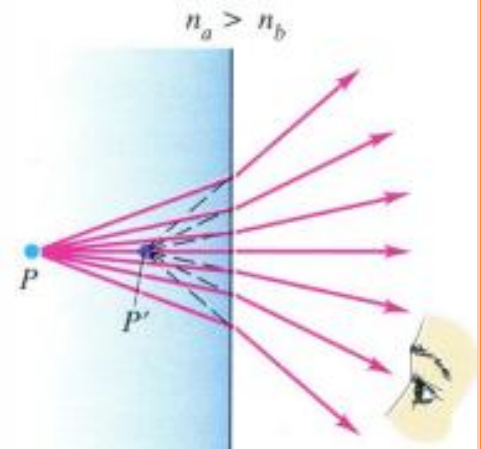
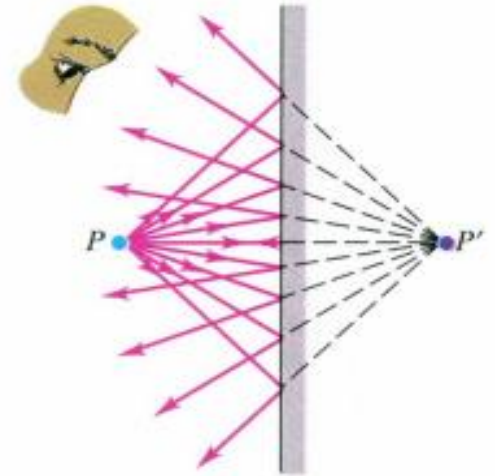
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Ένα παράδειγμα ειδώλου από διάθλαση είναι η περίπτωση αντικειμένου εγκλωβισμένου σε ρετσίνι, ή ενός ψαριού μέσα στη θάλασσα (που το βλέπουμε πιο ψηλά από την πραγματική του θέση).



ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, δεν είναι οι εξερχόμενες ακτίνες, αλλά οι προεκτάσεις τους, που διέρχονται από το P' .
- Σε αυτή την περίπτωση το P' λέγεται **φανταστικό είδωλο**.



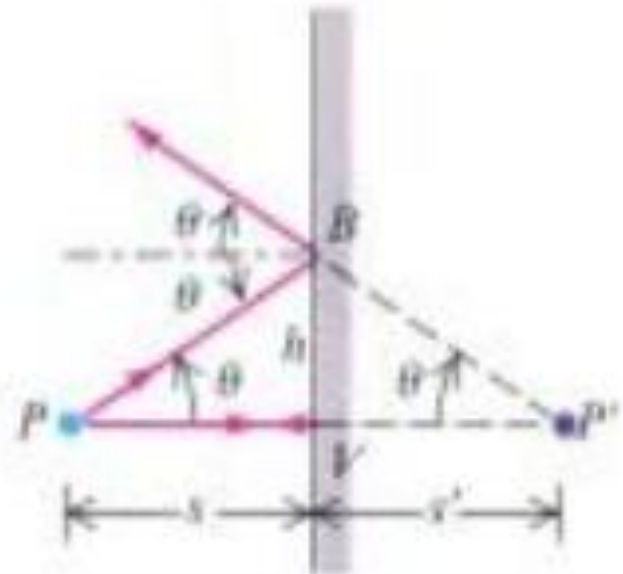
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι εξερχόμενες από το οπτικό σύστημα ακτίνες διέρχονται από το είδωλο.
- Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για **πραγματικό είδωλο**.



ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ ΓΡΑΦΙΚΑ*

- Θεωρούμε δύο ακτίνες από το αντικείμενο που πέφτουν στο κάτοπτρο και ανακλώνται.
- Η τομή των προεκτάσεων τους δίνει τη θέση του ειδώλου.

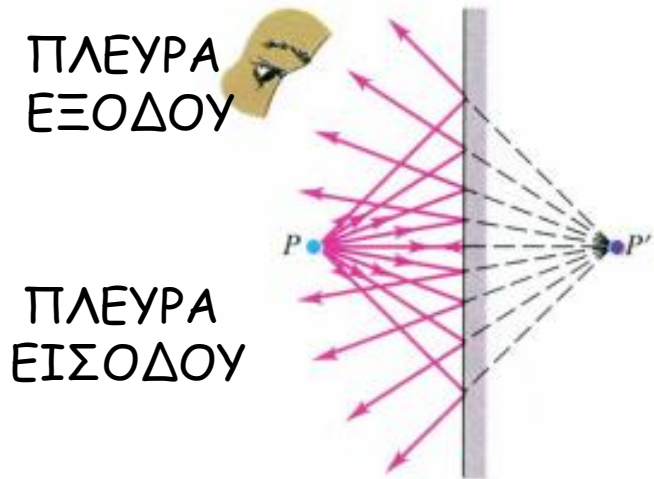




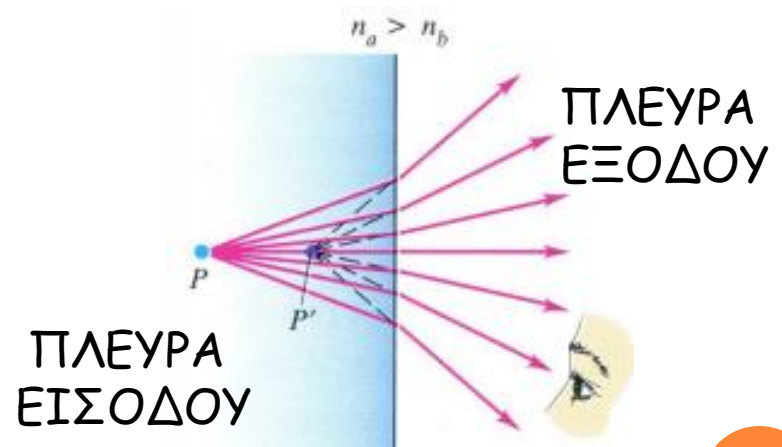
ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΣΗΜΟΥ

ΕΙΣΟΔΟΣ & ΕΞΟΔΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

- Σε κάθε οπτικό σύστημα διακρίνουμε μια ΠΛΕΥΡΑ ΕΙΣΟΔΟΥ και μια ΠΛΕΥΡΑ ΕΞΟΔΟΥ του φωτός.
- Στο πλαίσιο του μαθήματος, θα θεωρούμε ότι η πλευρά εισόδου είναι από αριστερά.



ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:
ΚΑΤΟΠΤΡΟ

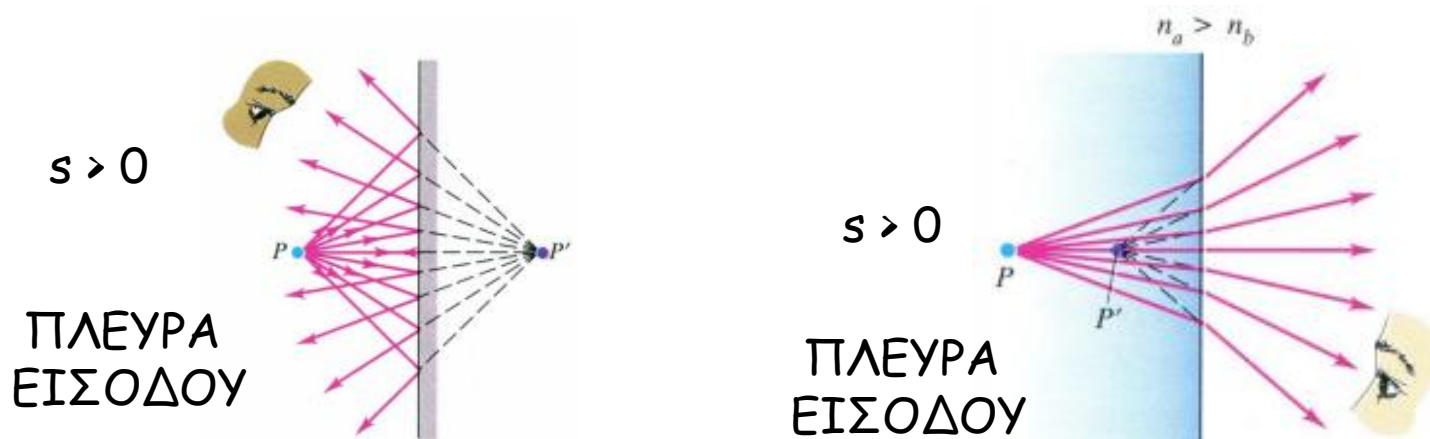


ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:
ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ



ΚΑΝΟΝΑΣ ΠΡΟΣΗΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

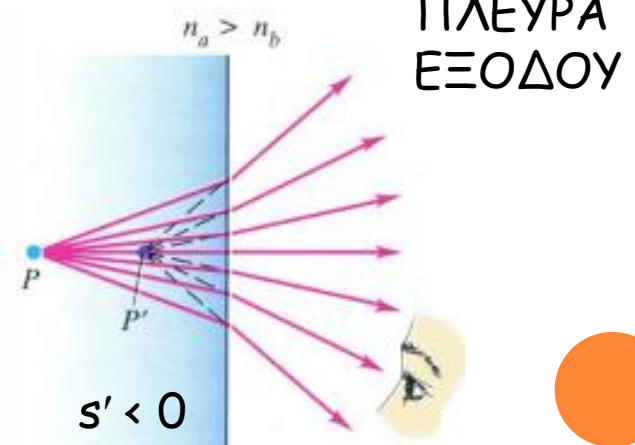
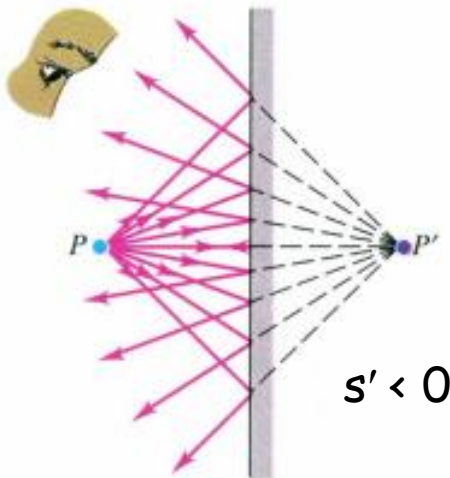
- Όταν το αντικείμενο βρίσκεται στην ίδια πλευρά του οπτικού συστήματος με το εισερχόμενο φως τότε η απόστασή του (s) λογίζεται θετική, αλλιώς είναι αρνητική.
- Στο πλαίσιο του μαθήματος, το αντικείμενο (σχεδόν) πάντα θα βρίσκεται στην πλευρά εισόδου του φωτός, επομένως θα είναι $s > 0$.



ΚΑΝΟΝΑΣ ΠΡΟΣΗΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Όταν το είδωλο βρίσκεται στην ίδια πλευρά του οπτικού συστήματος με το εξερχόμενο φως τότε η απόστασή του (s') λογίζεται θετική αλλιώς είναι αρνητική.

ΠΛΕΥΡΑ
ΕΞΟΔΟΥ



ΚΑΝΟΝΑΣ ΠΡΟΣΗΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

- Όταν το κέντρο καμπυλότητας της επιφάνειας βρίσκεται στην ίδια πλευρά του οπτικού συστήματος με το εξερχόμενο φως τότε η ακτίνα καμπυλότητας (R) λογίζεται θετική, αλλιώς είναι αρνητική.

ΠΛΕΥΡΑ
ΕΞΟΔΟΥ

Πλευρά
που ανακλά

Κ



Πλευρά
που δεν
ανακλά

ΚΟΙΛΟ
ΚΑΤΟΠΤΡΟ $R > 0$

ΠΛΕΥΡΑ
ΕΞΟΔΟΥ

Πλευρά
που ανακλά



Κ
Πλευρά
που δεν
ανακλά

ΚΥΡΤΟ
ΚΑΤΟΠΤΡΟ $R < 0$



ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

- Για το επίπεδο κάτοπτρο είναι προφανώς $R = \infty$ αφού χρειαζόμαστε μια ακτίνα άπειρης σφαίρας για να τα προσεγγίσουμε.



A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from light orange to dark blue. It contains several orange circles of varying sizes and a thin white vertical line.

ΚΑΤΟΠΤΡΑ- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

- Έκτος από τα επίπεδα υπάρχουν και τα κάτοπτρα που εμφανίζουν καμπυλότητα.
- Μια ειδική περίπτωση είναι τα σφαιρικά κάτοπτρα.



ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

- Τα σφαιρικά και γενικότερα τα καμπύλα κάτοπτρα μπορούν να επιτύχουν μεγέθυνση ή σμίκρυνση, αλλά και να δημιουργήσουν πραγματικά είδωλα.
- Τίποτε από τα παραπάνω δεν επιτυγχάνεται από τα επίπεδα κάτοπτρα.

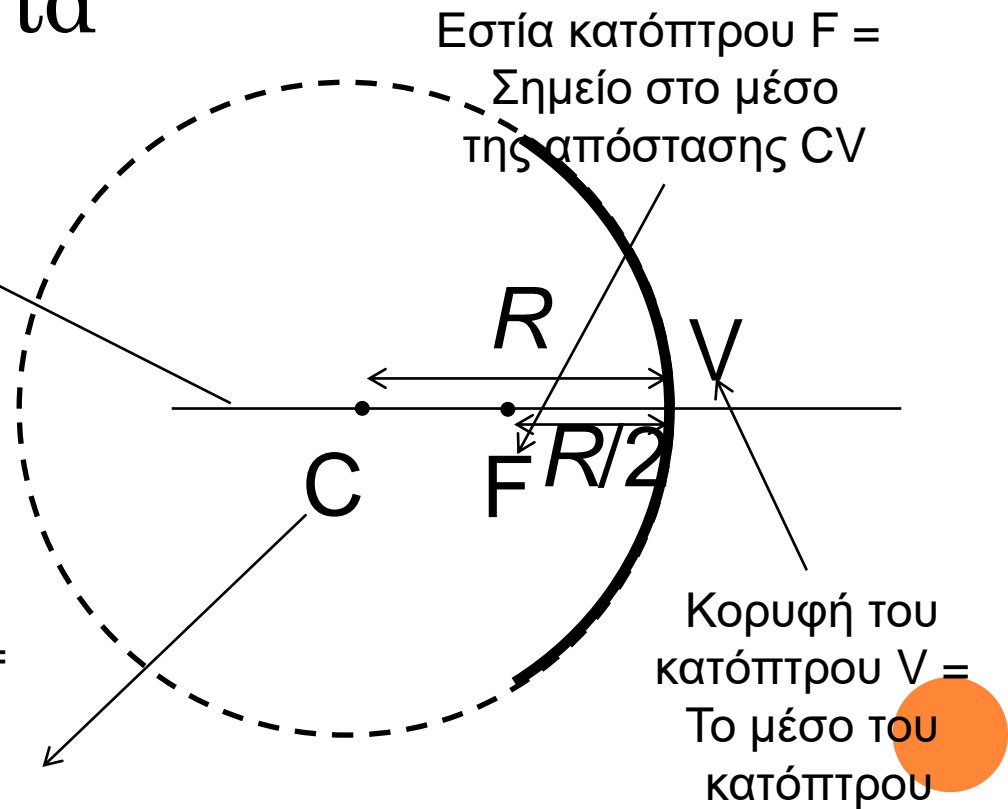


ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

- Στα σφαιρικά κάτοπτρα υπάρχει η ακόλουθη ορολογία

Οπτικός άξονας =
ευθεία που ενώνει
τα σημεία C και V

Κέντρο καμπυλότητας C =
κέντρο της σφαίρας,
ακτίνας R , τμήμα
της οποίας
είναι το κάτοπτρο



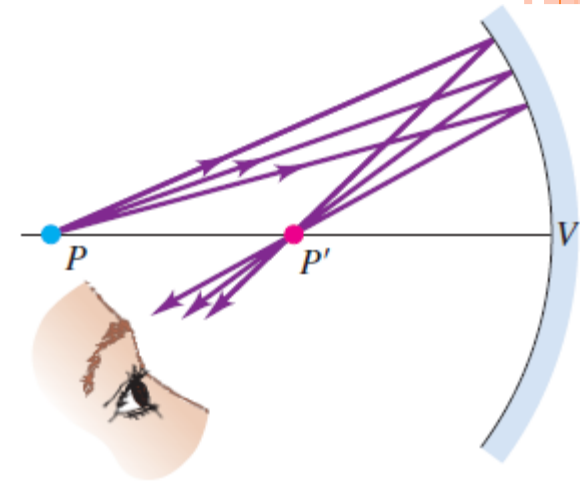
ΚΥΡΤΑ & ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

- Ανάλογα με το που βρίσκεται η ανακλαστική επιφάνεια διακρίνουμε τα κυρτά και τα κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα.



ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

- Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P και ένα κοίλο κάτοπτρο.
- Αποδεικνύεται ότι όλες οι ακτίνες από το P (εφόσον είναι παραξονικές, δηλ. σχηματίζουν μικρή γωνία με τον οπτικό άξονα), διέρχονται μετά από ανάκλαση από το ίδιο σημείο P' .
- Το P' είναι το είδωλο του P και είναι **πραγματικό**.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

○ Αποδεικνύεται ότι γενικά για κάθε κάτοπτρο (σφαιρικό ή επίπεδο) ισχύει η σχέση:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$$

ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ
ΑΠΟ ΤΗΝ
ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ
ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΕΙΔΩΛΟΥ
ΑΠΟ ΤΗΝ
ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ
ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ

ΑΚΤΙΝΑ
ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ
(Επίπεδο κάτοπτρο
 $R = \infty$)

ΕΣΤΙΑΚΗ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ

ΕΞΙΣΩΣΗ
ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

- Για να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση των κατόπτρων πρέπει να έχουμε υπόψη μας την προηγούμενη σύμβαση που αναφέραμε σχετικά με τα πρόσημα αντικειμένου, ειδώλου και ακτίνας καμπυλότητας.



ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ ΓΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

- Η προηγούμενη εξίσωση ισχύει και για επίπεδο κάτοπτρο.
- Χρησιμοποιήστε τη για να δείξετε ότι $s = -s'$.



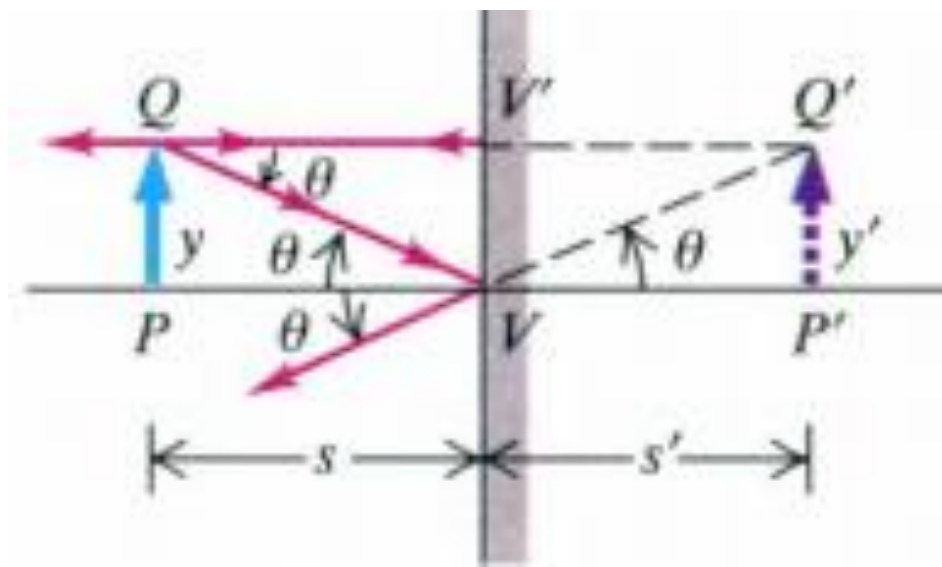
ΕΙΔΩΛΑ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

- Για λόγους απλοποίησης θα θεωρούμε εκτεταμένα αντικείμενα με μια διάσταση και με ειδικό προσανατολισμό ως προς το οπτικό σύστημα.



ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ

- Στην περίπτωση αυτή βρίσκουμε τα είδωλα P' και Q' των άκρων του αντικειμένου, (P και Q) τα οποία ενώνουμε και έχουμε το είδωλο.

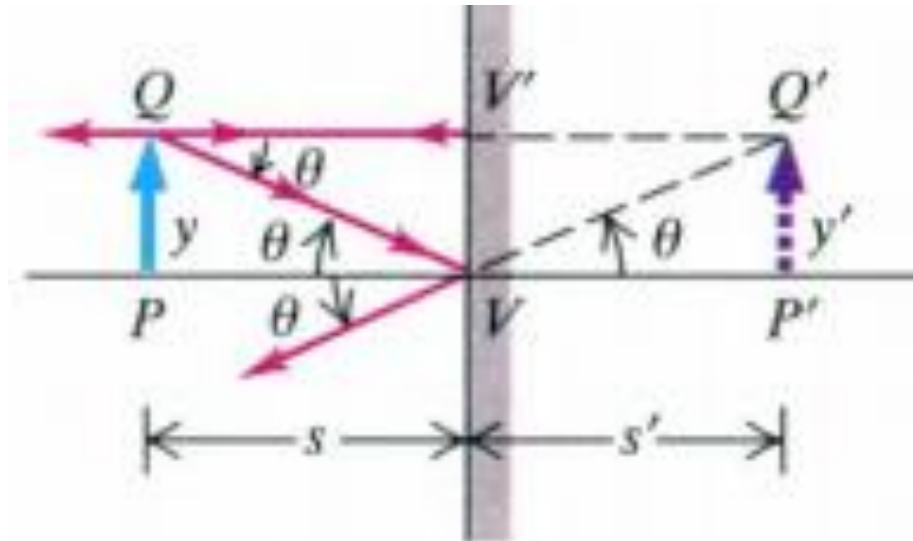


ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Ορίζεται από το πηλίκο:

$$m = \frac{y'}{y}$$

- Για επίπεδο κάτοπτρο είναι $m = 1$.




ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Αποδεικνύεται ότι η μεγέθυνση δίνεται και από τη σχέση:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

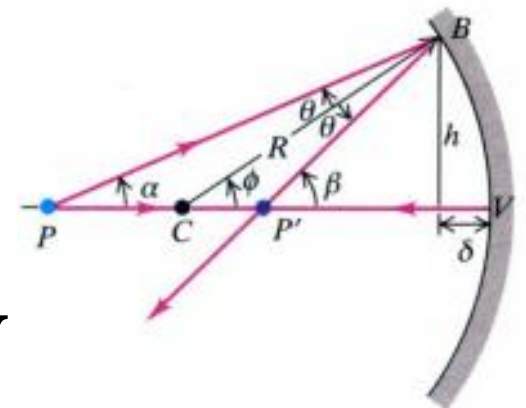


ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Στη συνέχεια θα αντιμετωπίσουμε περιπτώσεις όπου μπορεί να είναι $m > 0$ ή $m < 0$.
 - Όταν $m > 0$, τότε λέμε ότι το είδωλο είναι **ορθό**, ενώ όταν $m < 0$ τότε λέμε ότι το είδωλο είναι **ανεστραμμένο**.
 - Όταν $|m| > 1$, τότε μιλάμε για **μεγέθυνση** και όταν $|m| < 1$ μιλάμε για **σμίκρυνση**.
- 

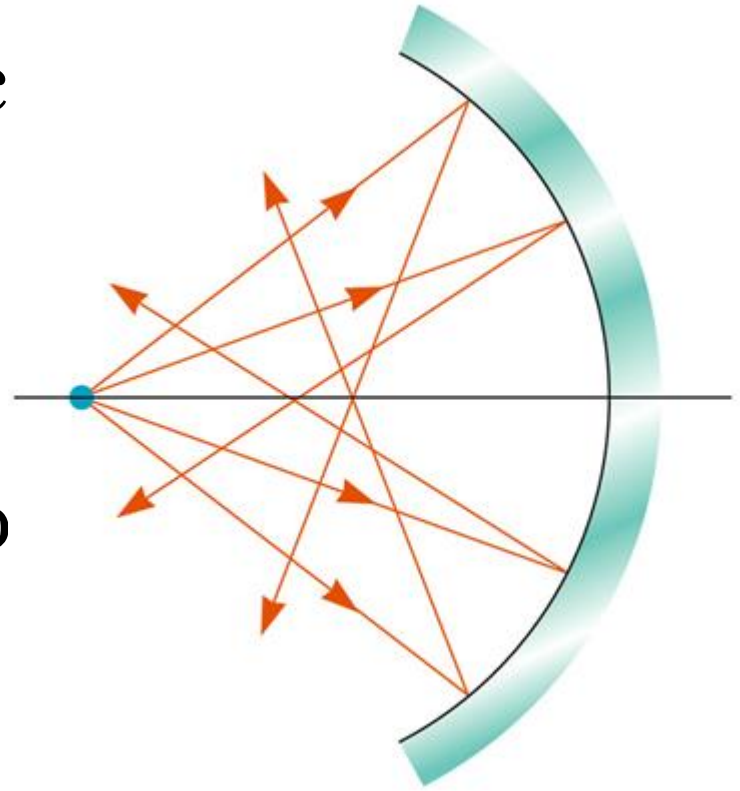
ΠΑΡΑΞΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- Η εξίσωση των κατόπτρων αποδεικνύεται να ισχύει μόνο για τις ονομαζόμενες παραξονικές ακτίνες, δηλ. για ακτίνες που δεν απέχουν σημαντική απόσταση από τον οπτικό άξονα του κατόπτρου (γωνία α μικρή).



ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΕΚΤΡΟΠΗ

- Αν δεν περιοριστούμε σε παραξονικές ακτίνες, τότε οι ακτίνες δεν διέρχονται όλες από το ίδιο σημείο μετά από την ανάκλαση.
- Σε αυτή την περίπτωση το είδωλο δεν είναι καθαρό και το πρόβλημα είναι γνωστό ως **σφαιρική εκτροπή**.



ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΤΗΛΕΚΣΟΠΙΟ HUBBLE

- Οι πρώτες εικόνες από το Hubble παρουσίαζαν αυτό ακριβώς το πρόβλημα καθώς η διόρθωση της σφαιρικής εκτροπής στο κύριο κάτοπτρο του τηλεσκοπίου δεν ήταν σωστή.



ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΕΙΣΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ


- Δείξτε ότι στην περίπτωση ακτίνων παράλληλων στον οπτικό άξονα κοίλου σφαιρικού κατόπτρου που έρχονται από πολύ μακριά ($s = \infty$), είδωλο σχηματίζεται στην εστία.
- Δείξτε ότι ένα σημείο που βρίσκεται στην εστία κοίλου σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζει είδωλο στο άπειρο.



A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from light orange to dark blue, with several orange circles of varying sizes and a thin white vertical line.

ΚΑΤΟΠΤΡΑ- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΓΡΑΦΙΚΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΓΡΑΦΙΚΑ

- Εκτός από τον αλγεβρικό τρόπο υπολογισμού της θέσης ενός ειδώλου, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση του ειδώλου και γραφικά.
 - Για το σκοπό αυτό βασιζόμαστε σε ορισμένες ακτίνες που ονομάζονται κύριες ακτίνες.
 - Προφανώς οι δύο τρόποι πρέπει να οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα.
- 

ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Κάθε ακτίνα παράλληλη στον οπτικό άξονα μετά την ανάκλαση διέρχεται από την εστία του κατόπτρου.
- Μια ακτίνα που διέρχεται από την εστία μετά την ανάκλασή της κινείται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα.



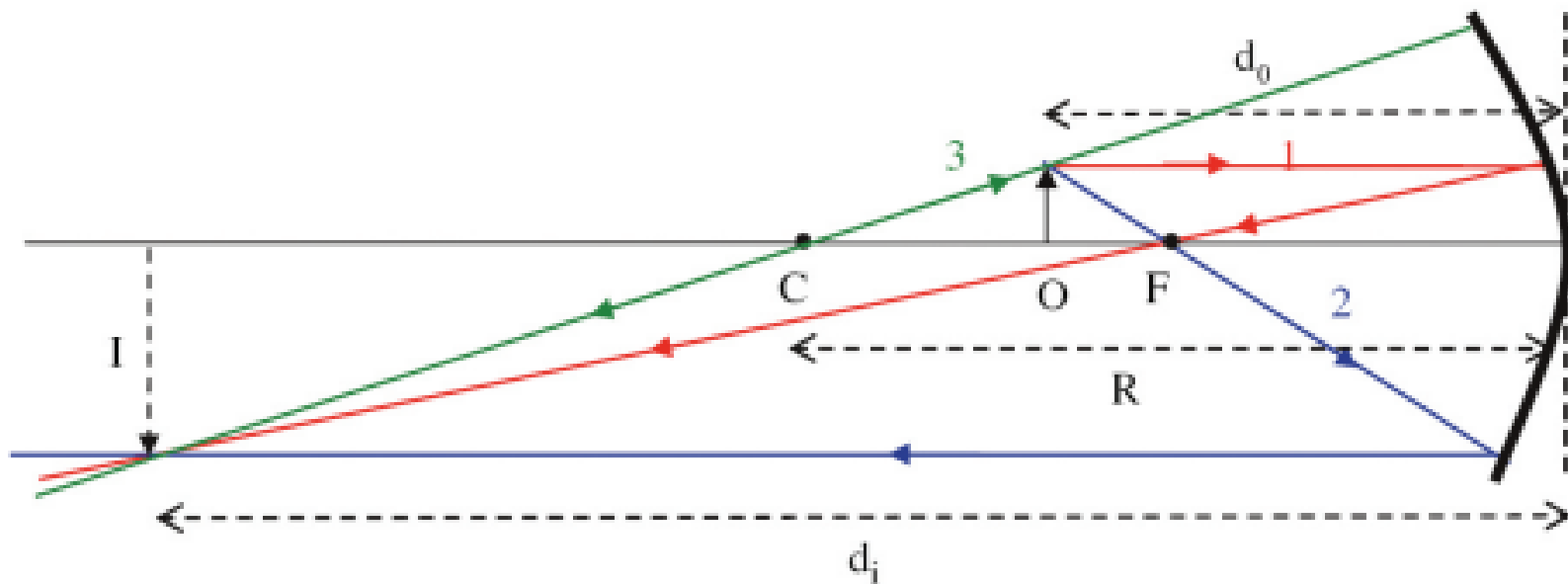
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Μια ακτίνα που περνά από το κέντρο καμπυλότητας του κατόπτρου μετά την ανάκλασή της διέρχεται και πάλι από το κέντρο καμπυλότητας.
- Μια ακτίνα που προσπίπτει στην κορυφή του κατόπτρου, ανακλάται σχηματίζοντας γωνία, με τον οπτικό άξονα, ίση με τη γωνία πρόσπτωσης.



ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για κοίλο κάτοπτρο



ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Παρατηρήστε ότι στην περίπτωση του προηγούμενου σχήματος το είδωλο σχηματίζεται στην ίδια πλευρά με το εξερχόμενο φως, επομένως είναι $s' > 0$.
- Πρόκειται λοιπόν για πραγματικό είδωλο.



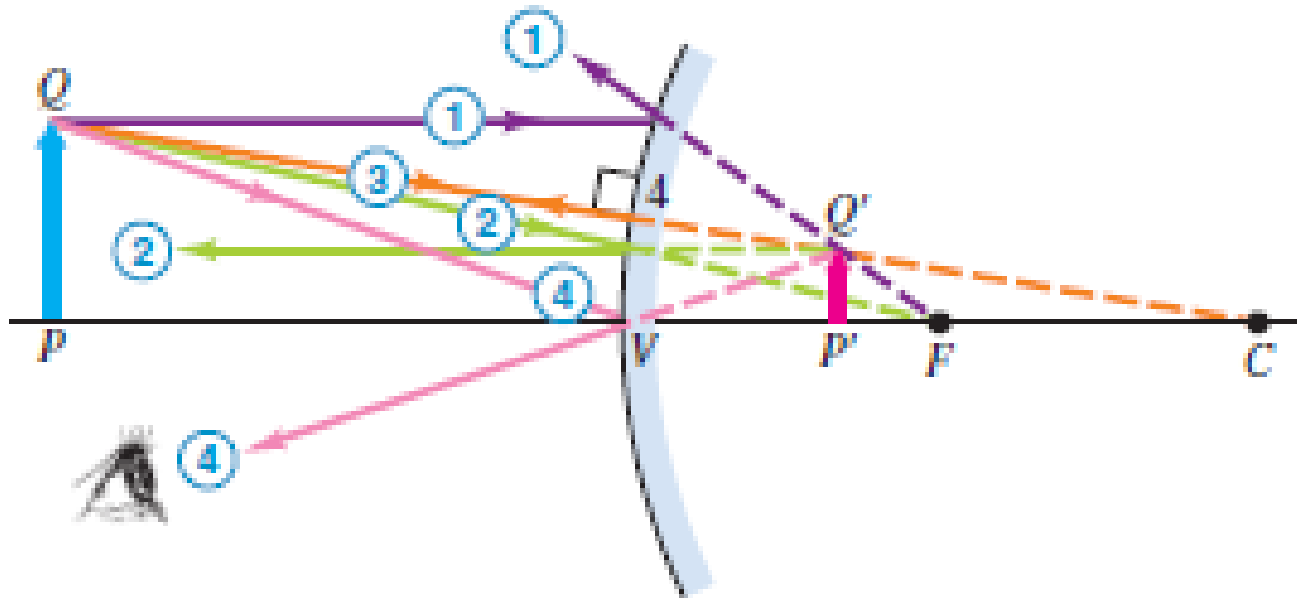
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Ένα τέτοιο είδωλο μπορεί να αποτυπωθεί με τη βοήθεια μιας φωτογραφικής μηχανής, ενώ ένα φανταστικό είδωλο δεν αποτυπώνεται.



ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για κυρτό κάτοπτρο



ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Μπορείτε να δείτε το είδος των ειδώλων που σχηματίζονται από κοίλο και κυρτό κάτοπτρο στην εφαρμογή ανάλογα με τη θέση του αντικειμένου.

<https://www.geogebra.org/m/aJuUDA9Z>



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Ανοίξτε την εφαρμογή και προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον πίνακα ως προς το είδωλο (πραγματικό, φανταστικό), το μέγεθος (μεγαλύτερο ή μικρότερο από το αντικείμενο) και το αν είναι ορθό ή ανεστραμμένο.



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΚΟΙΛΟ	ΚΥΡΤΟ*
$s > R$		
$s = R$		
$R/2 < s < R$		
$s = R/2$		
$s < R/2$		

*Για να πετύχετε κυρτό κάτοπτρο μετακινήστε το αντικείμενο από την άλλη πλευρά του κατόπτρου. Μπορείτε επίσης να κινείτε το αντικείμενο και να αλλάζετε την καμψυλότητα του κατόπτρου.



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΚΟΙΛΟ	ΚΥΡΤΟ
$s > R$	Είδωλο πραγματικό, μικρότερο από το αντικείμενο και ανεστραμμένο	Προκύπτει <u>πάντα</u> είδωλο φανταστικό, μικρότερο από το αντικείμενο και ορθό
$s = R$	Είδωλο πραγματικό, μικρότερο ίσο με το αντικείμενο και ανεστραμμένο	
$R/2 < s < R$	Είδωλο πραγματικό, μεγαλύτερο από το αντικείμενο και ανεστραμμένο	
$s = R/2$	Δεν έχω είδωλο	
$s < R/2$	Είδωλο φανταστικό, μεγαλύτερο από το αντικείμενο και ορθό	

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Προσπαθήστε να επιβεβαιώσετε όλα τα προηγούμενα με βάση την εξίσωση των κατόπτρων.
- Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στο να καταλάβετε πως χρησιμοποιούνται τα πρόσημα.
- Φτιάξτε σχήματα με τις κύριες ακτίνες για μερικές από τις προηγούμενες περιπτώσεις.



ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΤΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΤΗΣΕΙΣ ΣΑΣ

- Προσπαθήστε να δικαιολογήσετε τα αποτελέσματα του προηγούμενου πίνακα επιλύοντας την εξίσωση των κατόπτρων ως προς s' οπότε προκύπτει:


$$s' = \frac{sR}{2s - R}$$



ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΥΡΤΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

- Με βάση την εξίσωση:

$$s' = \frac{sR}{2s - R}$$

- Κυρτό κάτοπτρο, άρα $R < 0$.
 - Πραγματικό αντικείμενο (στην πλευρά εισόδου) άρα $s > 0$.
 - Επομένως, θα είναι $sR < 0$ και $2s - R > 0$ άρα $s' < 0$, δηλαδή είδωλο φανταστικό.
- 

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ

- Επίσης είναι:

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{\frac{sR}{2s - R}}{s} = -\frac{R}{2s - R}$$

- Καθώς είναι $R < 0$ και $2s - R > 0$, τελικά προκύπτει $m > 0$, άρα ορθό είδωλο.
- Τέλος, σίγουρα $2s - R > |R|$ επομένως θα είναι $m < 1$ άρα θα έχω σμίκρυνση.





ΕΙΔΩΛΑ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

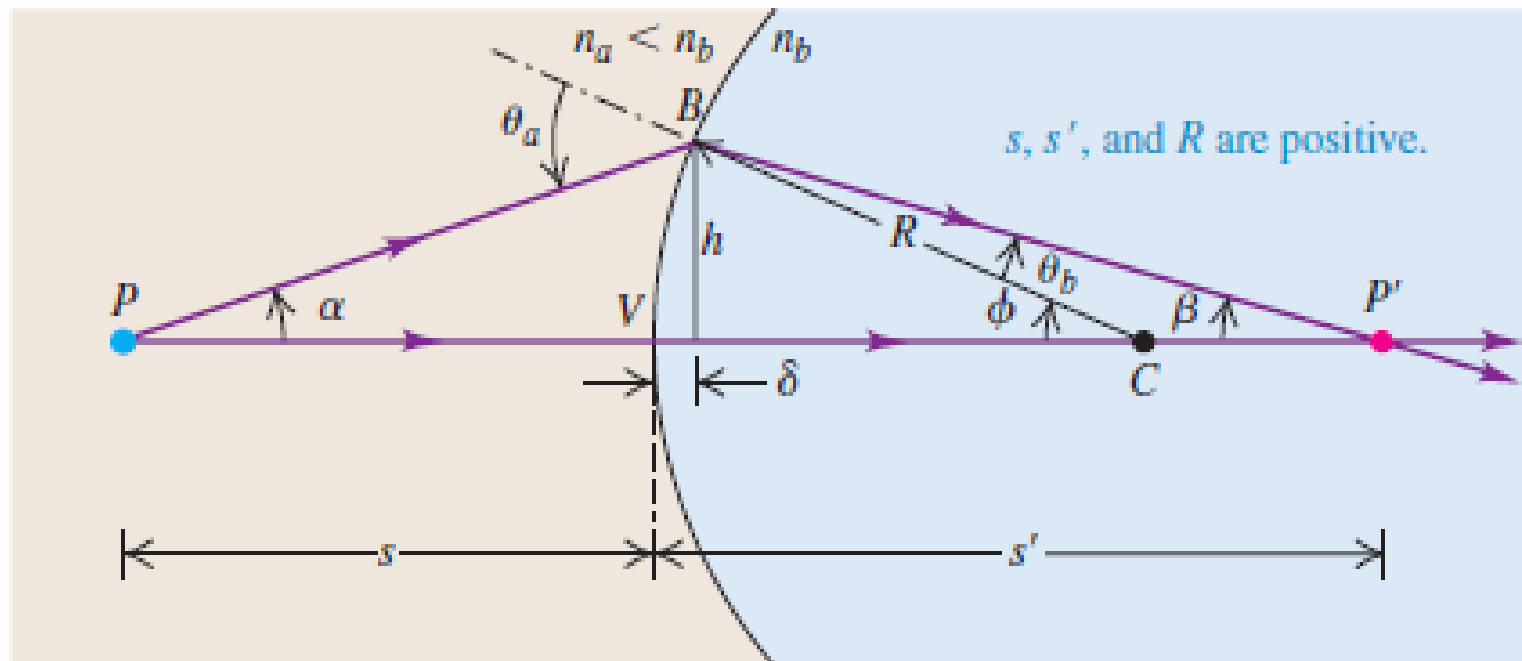
ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Έστω ότι μια σφαιρική διαθλαστική επιφάνεια, ακτίνας R , η οποία χωρίζει δύο μέσα με δείκτες διάθλασης n_a και n_b .



ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Αποδεικνύεται ότι όλες οι (παραξονικές) ακτίνες από το P διέρχονται μετά από τη διάθλαση από το σημείο P' .



ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Το P' είναι το είδωλο του P και η θέση του δίνεται από την εξίσωση

$$\frac{n_a}{s} + \frac{n_b}{s'} = \frac{n_b - n_a}{R}$$



ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Η προηγούμενη εξίσωση ισχύει για κάθε περίπτωση, αρκεί να χρησιμοποιούμε τα πρόσημα με τους κανόνες που έχουμε δει για τα κάτοπτρα.



ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

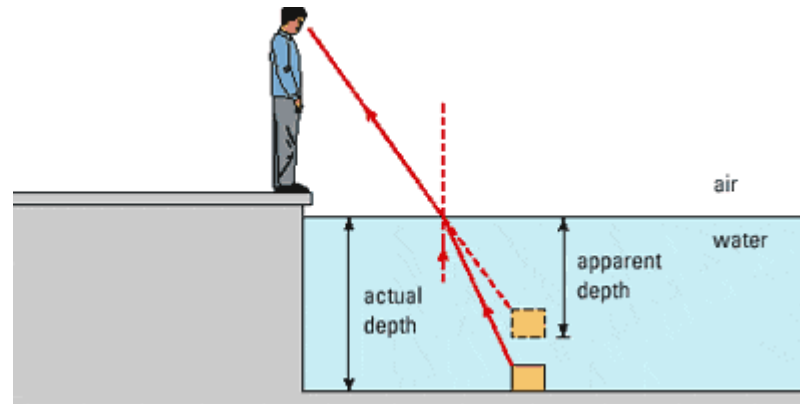
- Αποδεικνύεται ότι η μεγέθυνση, σε αυτή την περίπτωση, δίνεται και από τη σχέση:

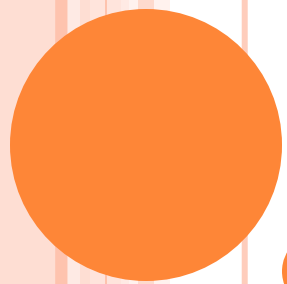
$$m = \frac{y'}{y} = - \frac{n_a \cdot s'}{n_b \cdot s}$$



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Μια πισίνα έχει βάθος ίσο με 2 m. Υπολογίστε τι βάθος αντιλαμβάνεται ότι έχει η πισίνα ένας άνθρωπος έξω από αυτή αν θεωρούμε ότι ισχύει η παραξονική προσέγγιση. Δίνεται ότι $n_{\text{νερού}} = 1,33$ και $n_{\text{αέρα}} = 1$.





ΦΑΚΟΙ



ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- Πρόκειται για δύο τμήματα σφαιρικών επιφανειών που απέχουν πολύ λίγο μεταξύ τους.
- Αφού ο φακός αποτελείται από 2 σφαιρικές επιφάνειες έχει 2 κέντρα καμπυλότητας και 2 εστίες.



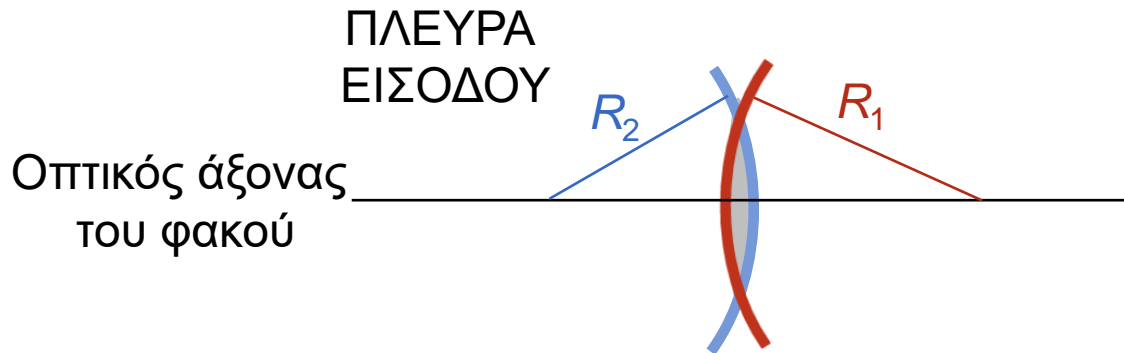
ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- Η ευθεία που διέρχεται από τις 2 εστίες ορίζει τον οπτικό άξονα του φακού.
- Ανάλογα με το ποια είναι η πλευρά εισόδου του φωτός έχουμε την 1^η και 2^η διαθλαστική επιφάνεια.



ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- Το υλικό μεταξύ των δύο διαθλαστικών επιφανειών έχει δείκτη διάθλασης n .



ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- Στην περίπτωση λεπτού φακού αποδεικνύεται ότι οι δύο εστιακές αποστάσεις είναι πάντα ίσες, ασχέτως από τις ακτίνες καμπυλότητας.
- Αυτή η εστιακή απόσταση δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

ΕΞΙΣΩΣΗ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ
ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- Για τον φακό του προηγούμενου σχήματος, και θεωρώντας ότι το φως εισέρχεται από αριστερά και εξέρχεται από δεξιά έχω $R_1 > 0$ και $R_2 < 0$, επομένως από την εξίσωση των κατασκευαστών των φακών προκύπτει ότι $f > 0$.







ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Χρησιμοποιήστε την ακόλουθη εφαρμογή για να δείτε πως αλλάζοντας τις ακτίνες καμπυλότητας, αλλάζει ο φακός και η εστιακή απόσταση.
- Χρησιμοποιήστε την εφαρμογή για να συμπληρώσετε τον ακόλουθο πίνακα θεωρώντας ότι το φως εισέρχεται από αριστερά και εξέρχεται από δεξιά.

<https://demonstrations.wolfram.com/LensmakersEquation/>







ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΦΑΚΟΣ	ΠΡΟΣΗΜΟ R_1	ΠΡΟΣΗΜΟ R_2	ΠΡΟΣΗΜΟ f
			
			
			
			



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΦΑΚΟΣ	ΠΡΟΣΗΜΟ R_1	ΠΡΟΣΗΜΟ R_2	ΠΡΟΣΗΜΟ f
	$R_1 > 0$	$R_2 < 0$	$f > 0$
	$R_1 = \infty$	$R_2 < 0$	$f > 0$
	$R_1 < 0$	$R_2 > 0$	$f < 0$
	$R_1 = \infty$	$R_2 > 0$	$f < 0$

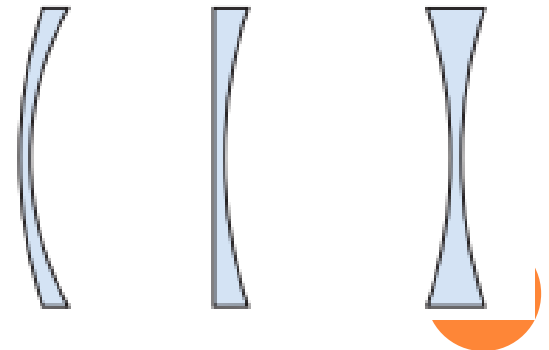


ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ & ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

- Κάθε φακός που είναι πιο παχύς στο κέντρο έχει $f > 0$ και λέγεται **συγκλίνων**.

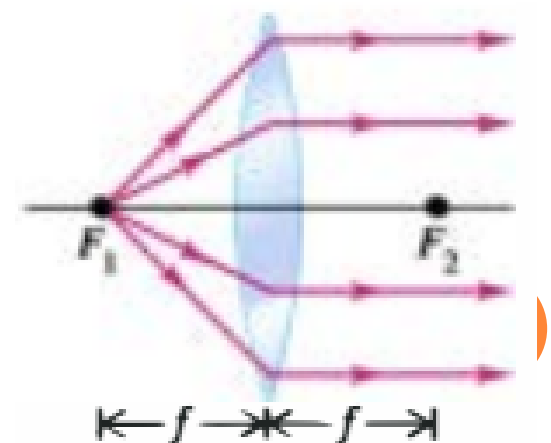
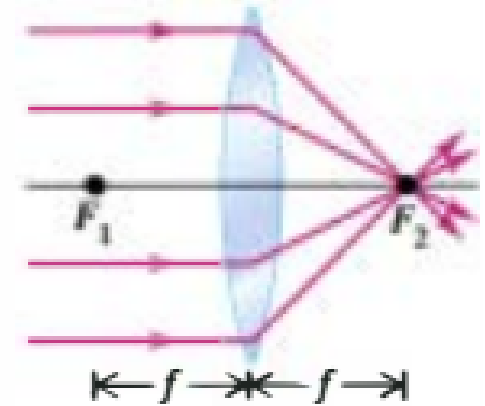


- Όταν είναι πιο παχύς στα άκρα έχει $f < 0$ και λέγεται **αποκλίνων**.



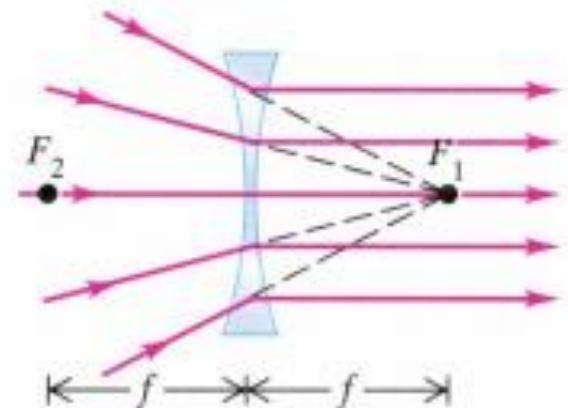
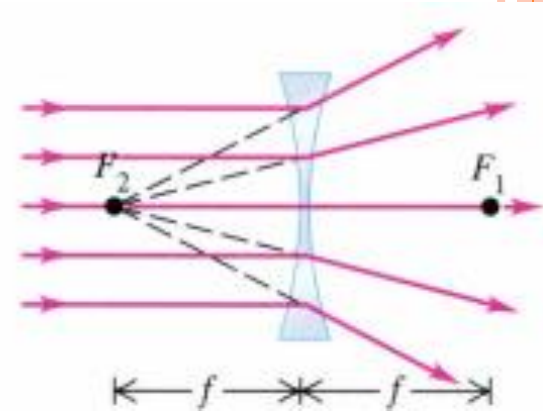
ΣΥΓΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ

- Πρόκειται για έναν φακό που συγκεντρώνει μια παράλληλη δέσμη ακτίνων στην μια εστία του φακού.
- Επίσης, ακτίνες που εκπέμπονται από την εστία, μετά το φακό σχηματίζουν παράλληλη δέσμη.



ΑΠΟΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ

- Πρόκειται για έναν φακό που κάνει αποκλίνουσες τις παράλληλες ακτίνες που προσπίπτουν πάνω του.
- Ακτίνες που συγκλίνουν προς την εστία κινούνται παράλληλα μετά το φακό.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΕΠΤΟΥ ΦΑΚΟΥ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

- Αποδεικνύεται ότι γενικά για κάθε λεπτό φακό (και για την παραξονική προσέγγιση) ισχύει η ίδια σχέση με την περίπτωση των κατόπτρων:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

The diagram shows the thin lens equation $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$ enclosed in a brown rectangular box. Three arrows point from text labels to the terms in the equation: one from the left label 'ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ' to the $\frac{1}{s}$ term, one from the bottom label 'ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ' to the $\frac{1}{s'}$ term, and one from the right label 'ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ' to the $\frac{1}{f}$ term. In the bottom right corner of the slide, there is a solid orange circle.

ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Αποδεικνύεται ότι η μεγέθυνση δίνεται και από τη σχέση:

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{s'}{s}$$



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΕΠΤΟΥ ΦΑΚΟΥ ΓΡΑΦΙΚΑ

- Εκτός από τον αλγεβρικό τρόπο υπολογισμού της θέσης ενός ειδώλου, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση του ειδώλου και γραφικά.
- Για το σκοπό αυτό βασιζόμαστε σε ορισμένες ακτίνες που ονομάζονται κύριες ακτίνες.



ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Κάθε ακτίνα παράλληλη στον οπτικό άξονα μετά τη διέλευσή της από το φακό διέρχεται από τη δεύτερη εστία του σε ένα συγκλίνων φακό ή φαίνεται σαν να προέρχεται από τη δεύτερη εστία σε έναν αποκλίνων φακό.



ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Μια ακτίνα που διέρχεται από την εστία, μετά την διέλευσή της κινείται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα.



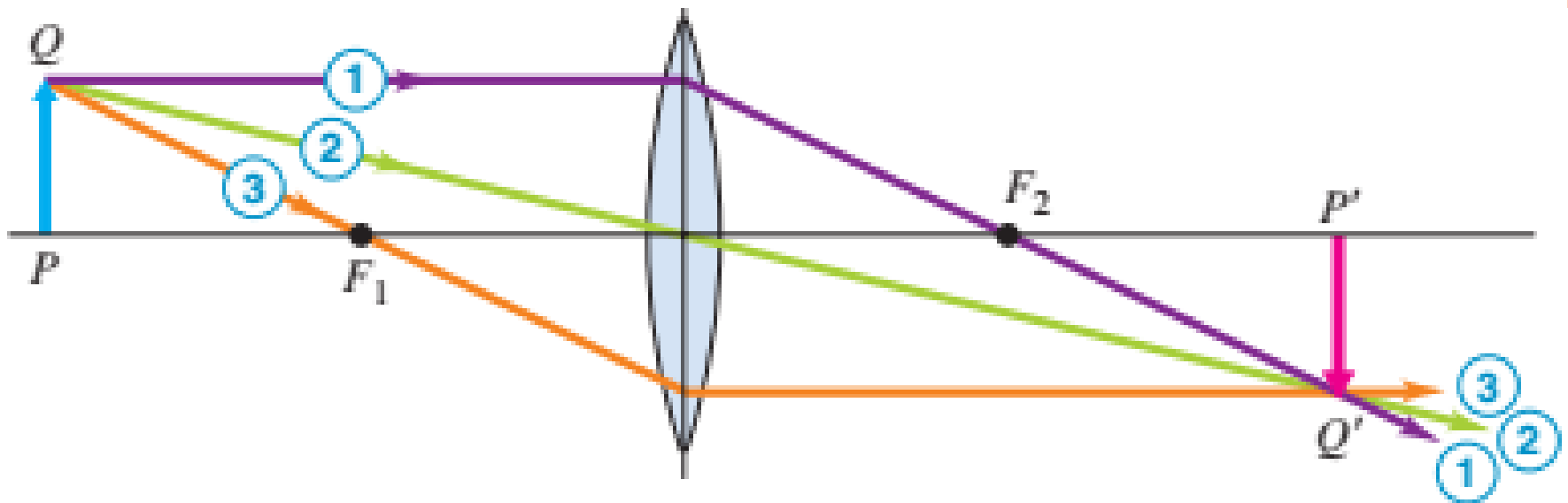
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Μια ακτίνα που προσπίπτει στην κορυφή του κατόπτρου, διέρχεται χωρίς σημαντική απόκλιση από το φακό.



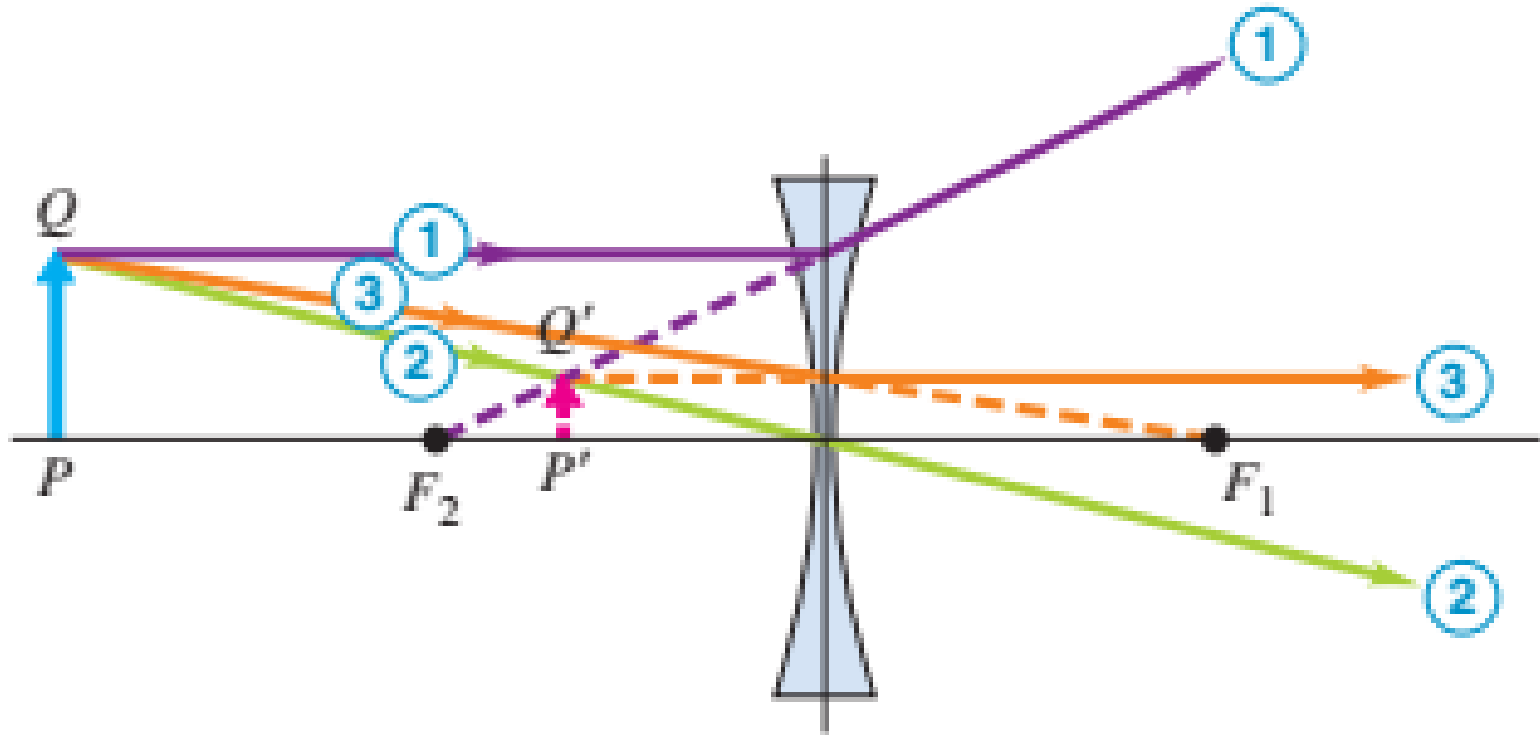
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για συγκλίνων φακό



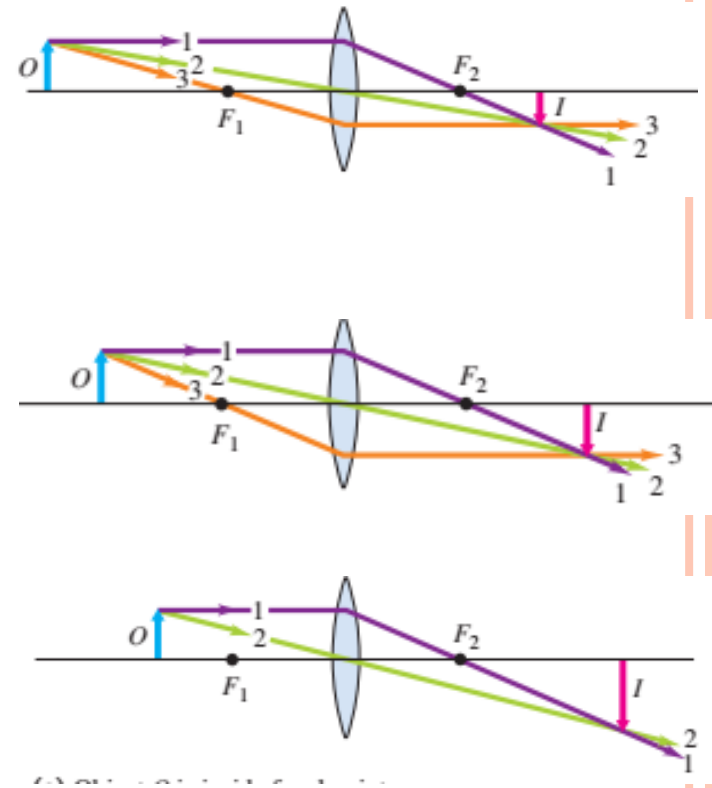
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για αποκλίνοντα φακό



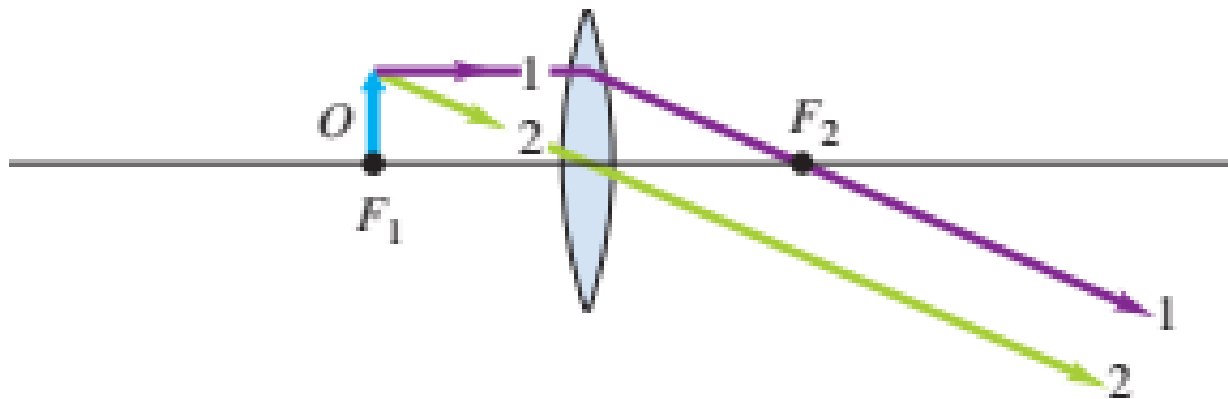
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Το αντικείμενο πλησιάζει προς την εστία από το άπειρο οπότε το είδωλο απομακρύνεται, είναι ανεστραμμένο και πραγματικό.



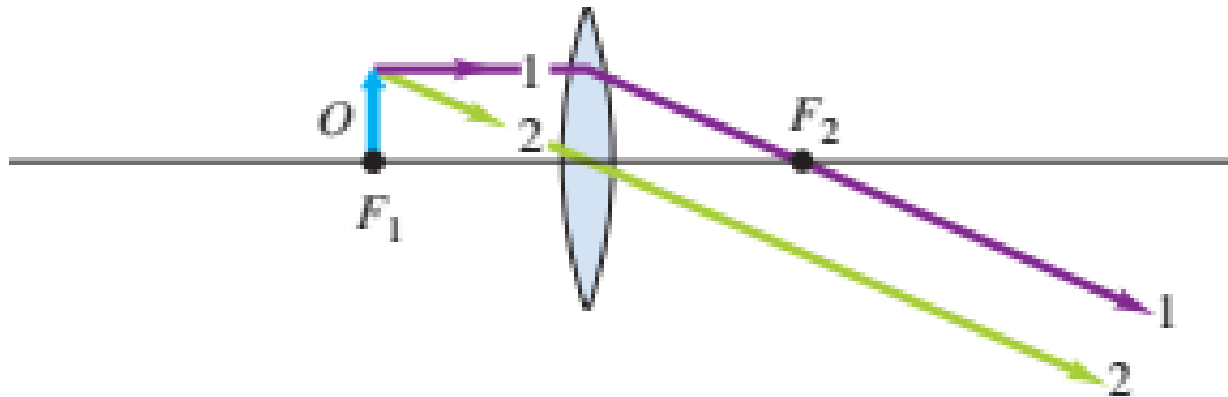
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Το αντικείμενο βρίσκεται ακριβώς πάνω στην εστία οπότε δεν σχηματίζεται είδωλο.



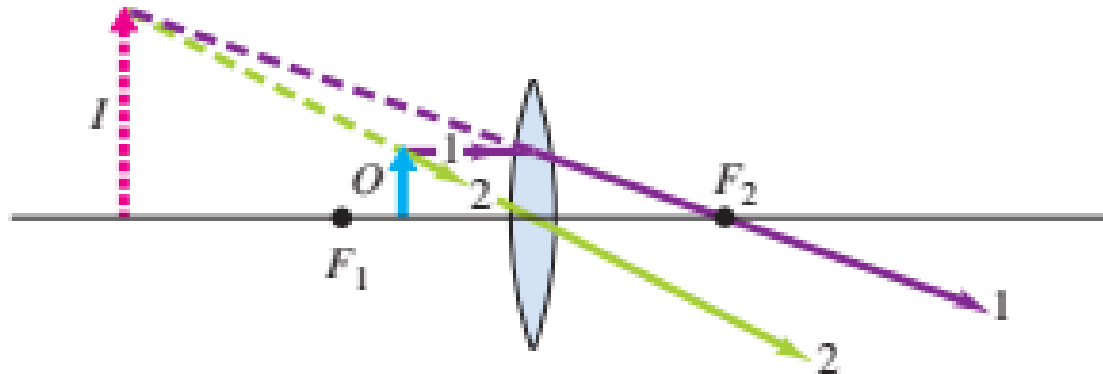
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Το αντικείμενο βρίσκεται ακριβώς πάνω στην εστία οπότε δεν σχηματίζεται είδωλο.



ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Το αντικείμενο είναι μεταξύ εστίας και φακού, οπότε το είδωλο είναι φανταστικό και ορθό.



ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Μπορείτε να δείτε το είδος των ειδώλων που σχηματίζονται από συγκλίνοντα και αποκλίνοντα φακό με τη βοήθεια της εφαρμογής.

<https://ophysics.com/l12.html>



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Ανοίξτε την προηγούμενη εφαρμογή και προσπαθήστε να συμπληρώσετε τον πίνακα ως προς το είδωλο (πραγματικό, φανταστικό), το μέγεθος (μεγαλύτερο ή μικρότερο από το αντικείμενο) και το αν είναι ορθό ή ανεστραμμένο για έναν συγκλίνοντα και έναν αποκλίνοντα φακό.



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΣΥΓΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ	ΑΠΟΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ*
$s > 2f$		
$s = 2f$		
$2f < s < f$		
$s = f$		
$s < f$		


*Για να κάνετε την αλλαγή μεταξύ συγκλίνοντος και αποκλίνοντος φακού, μετακινήστε τη μια από τις εστίες στην αντίθετη πλευρά από αυτή που βρίσκεται.



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΣΥΓΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ	ΑΠΟΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ*
$s > 2f$	Είδωλο πραγματικό, ανεστραμμένο και μικρότερο του αντικειμένου	Το είδωλο είναι <u>πάντα</u> φανταστικό, ορθό και μικρότερο του αντικειμένου
$s = 2f$	Είδωλο πραγματικό, ανεστραμμένο και ίσο με το αντικείμενο	
$2f < s < f$	Είδωλο πραγματικό, ανεστραμμένο και μεγαλύτερο του αντικειμένου	
$s = f$	Δεν σχηματίζεται είδωλο	
$s < f$	Είδωλο φανταστικό, ορθό και μεγαλύτερο του αντικειμένου	

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Προσπαθήστε να επιβεβαιώσετε όλα τα προηγούμενα με βάση την εξίσωση των φακών.
- Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στο να καταλάβετε πως χρησιμοποιούνται τα πρόσημα.
- Φτιάξτε σχήματα με τις κύριες ακτίνες για μερικές ή και για όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις. 

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΤΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΤΗΣΕΙΣ ΣΑΣ

- Προσπαθήστε να δικαιολογήσετε τα αποτελέσματα του προηγούμενου πίνακα επιλύοντας την εξίσωση των φακών ως προς s' οπότε προκύπτει :


$$s' = \frac{sf}{s - f}$$



ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ

- Με βάση την εξίσωση:

$$s' = \frac{sf}{s - f}$$

- Αποκλίνων φακός, άρα $f < 0$.
 - Πραγματικό αντικείμενο (στην πλευρά εισόδου) άρα $s > 0$.
 - Επομένως, θα είναι $sf < 0$ και $s - f > 0$ άρα $s' < 0$, δηλαδή είδωλο φανταστικό.
- 

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ

- Επίσης είναι:

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{\frac{sf}{s-f}}{s} = -\frac{f}{s-f}$$

- Καθώς είναι $f < 0$ και $s - f > 0$, τελικά προκύπτει $m > 0$, άρα ορθό είδωλο.
- Τέλος, σίγουρα $s - f > |f|$ επομένως θα είναι $m < 1$ άρα θα έχω σμίκρυνση.