

ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

- Σας ενημερώνουμε ότι τα μαθήματα που παρέχονται από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο πλαίσιο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης μπορεί να βιντεοσκοποούνται. Η βιντεοσκόπηση πραγματοποιείται για σκοπούς εκπαιδευτικούς και αρχειακούς. Τα βίντεο μπορεί να αναρτηθούν στο διαδίκτυο.



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 καθρέπτη.



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.





ΕΙΣΑΓΩΓΗ


Το Μοντέλο των Φωτεινών Ακτίνων

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.)
- 

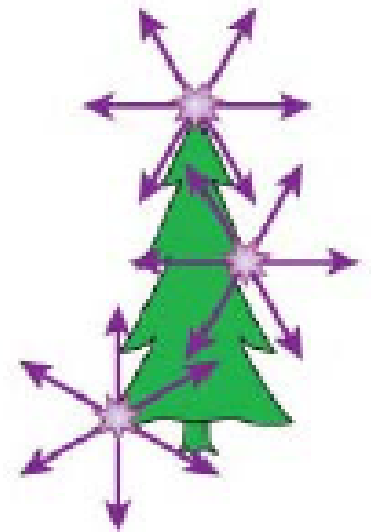
ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- 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).



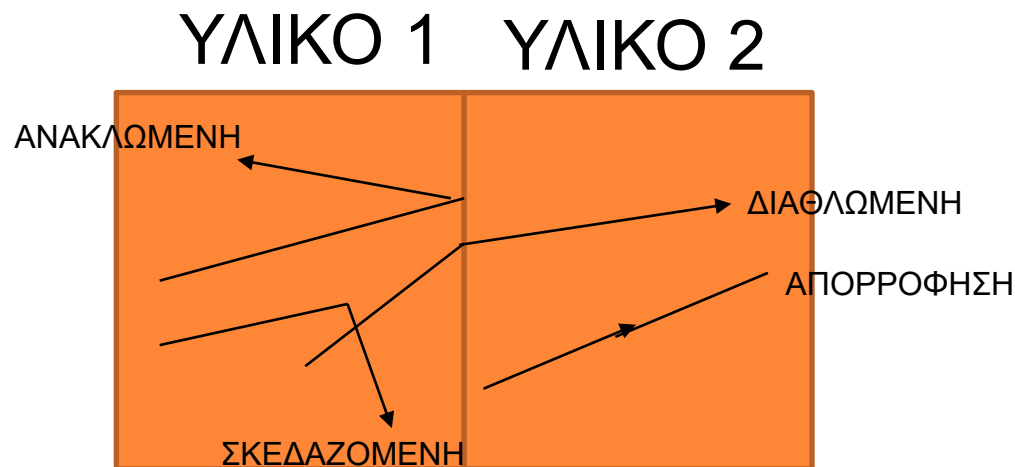
ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

- 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 εκτός αν συναντήσει ύλη οπότε είτε ΑΝΑΚΛΑΤΑΙ είτε ΣΚΕΔΑΖΕΤΑΙ είτε ΔΙΑΘΛΑΤΑΙ είτε ΑΠΟΡΡΟΦΑΤΑΙ.



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.)



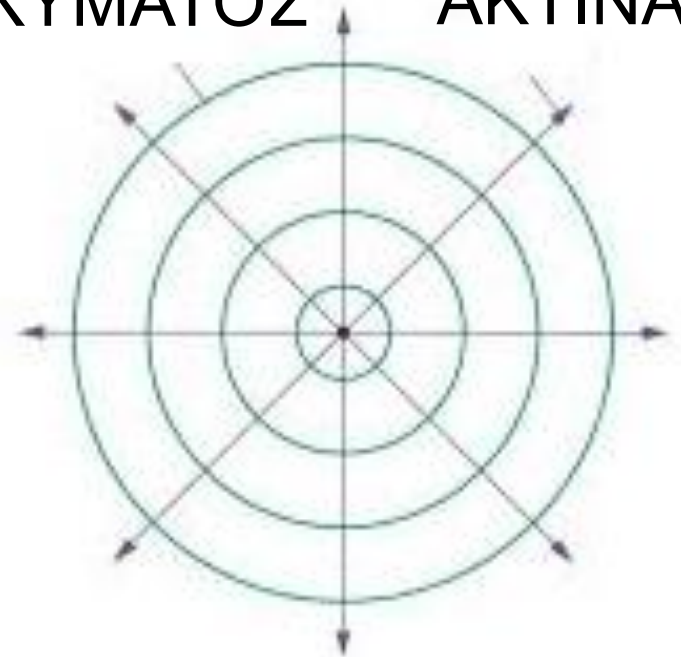
ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

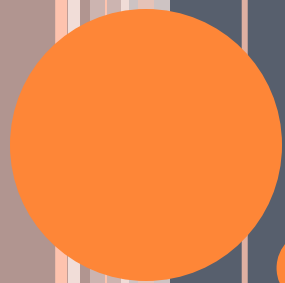
- Οι φωτεινές ακτίνες είναι ευθείες γραμμές που είναι κάθετες στα μέτωπα κύματος και απομακρύνονται από την πηγή.

ΜΕΤΩΠΟ

ΚΥΜΑΤΟΣ

ΑΚΤΙΝΑ





ΑΝΑΚΛΑΣΗ

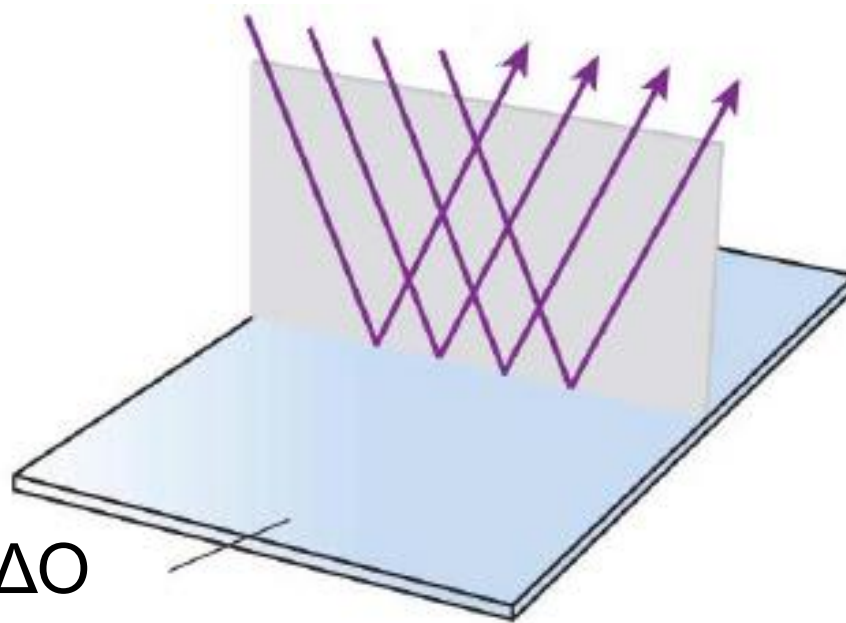
ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Συμβαίνει όταν το φως προσπέσει στη λεία επιφάνεια που διαχωρίζει δύο μέσα.
- Συμβαίνει όταν το φως προσπίπτει σε λεία επιφάνεια (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.



ΕΠΙΠΕΔΟ
ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

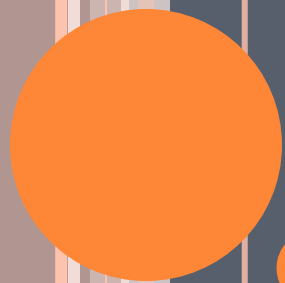


2⁰Σ ΝΟΜΟΣ ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

- Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με την γωνία ανάκλασης.

$$\theta_i = \theta_r$$





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:

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



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.



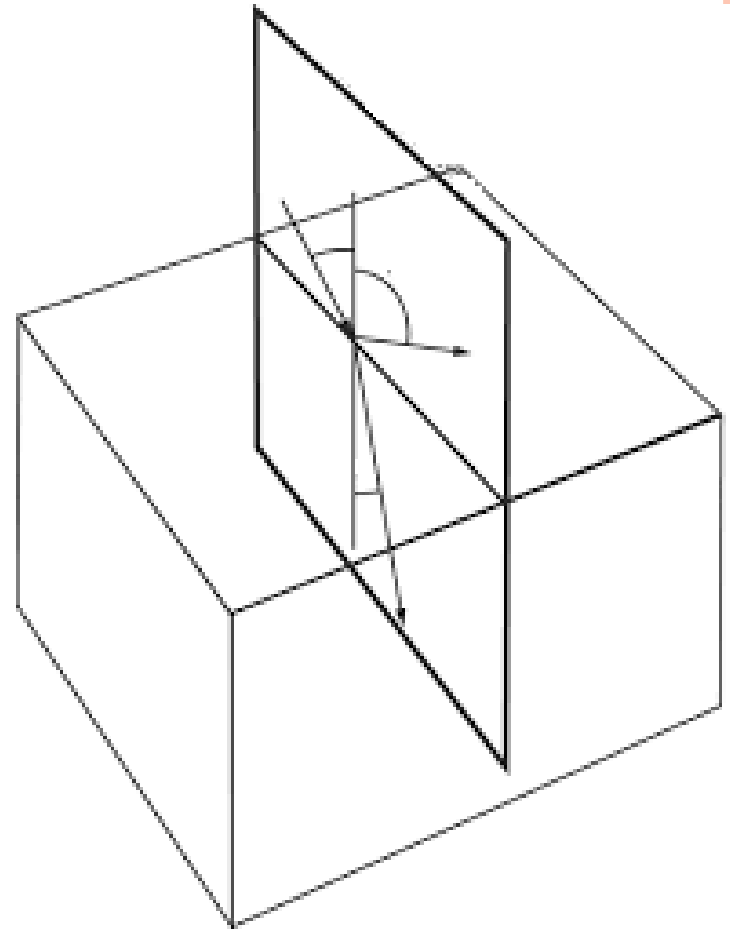
ΔΙΑΘΛΑΣΗ

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



1^{ος} ΝΟΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

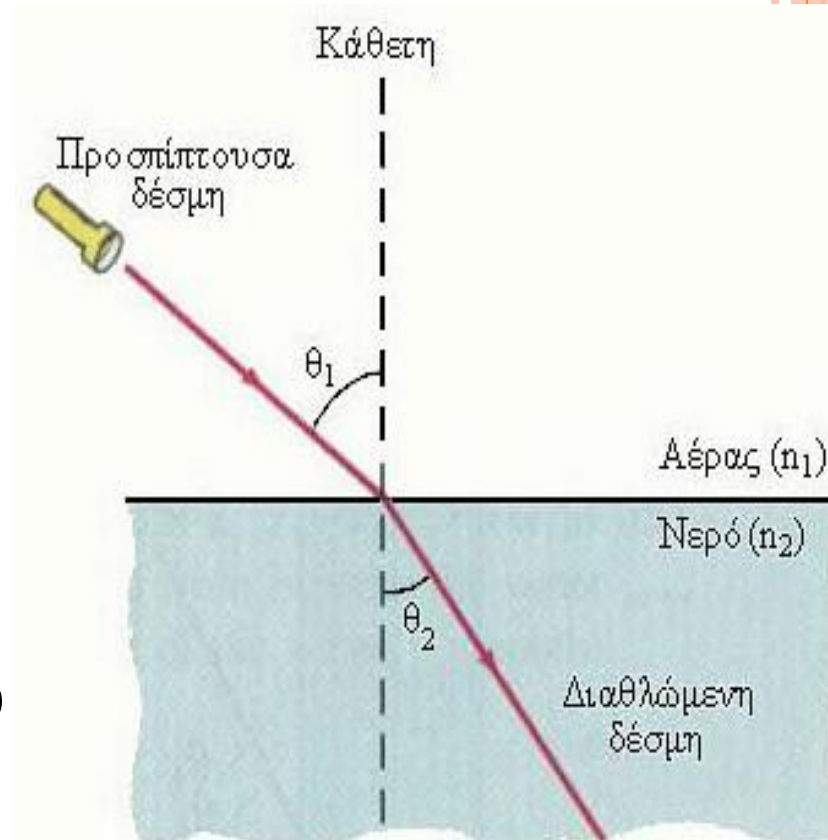
- Η προσπίπτουσα, η διαθλώμενη (η ανακλώμενη) και η κάθετος στην επιφάνεια βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



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

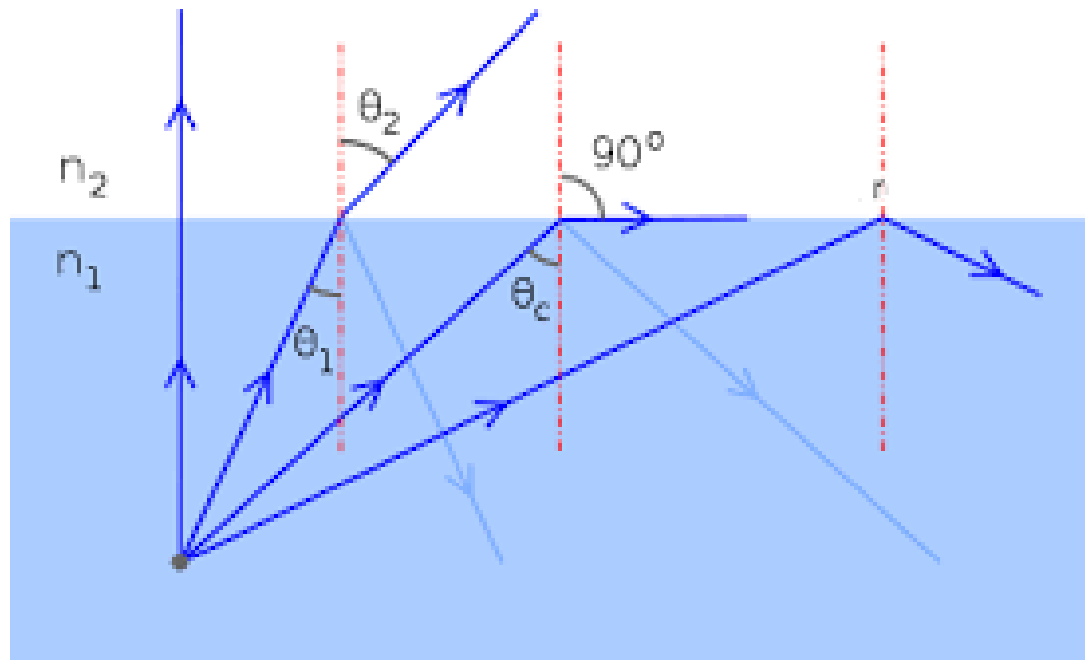
- Μπορεί να συμβεί όταν το φως περνά από πυκνό σε αραιό μέσο και η γωνία είναι μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή (οριική γωνία).



ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

○ Σχηματικά:

$$n_1 > n_2$$



ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Αποδεικνύεται ότι η κρίσιμη τιμή της γωνίας είναι:

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



A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from light to dark blue and several orange circles of varying sizes. The text is positioned to the right of this bar.

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.



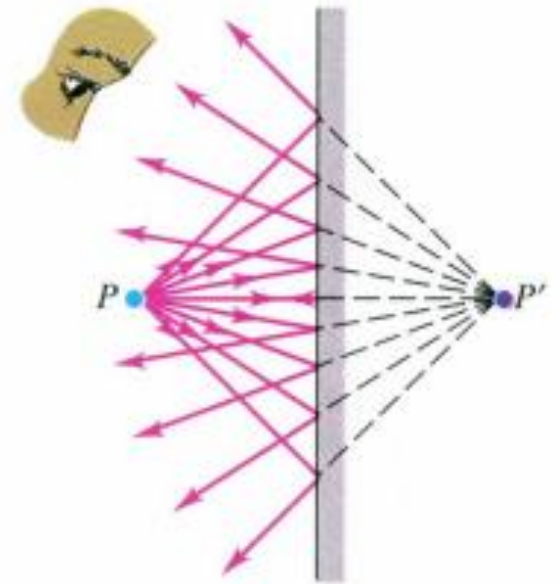
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

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



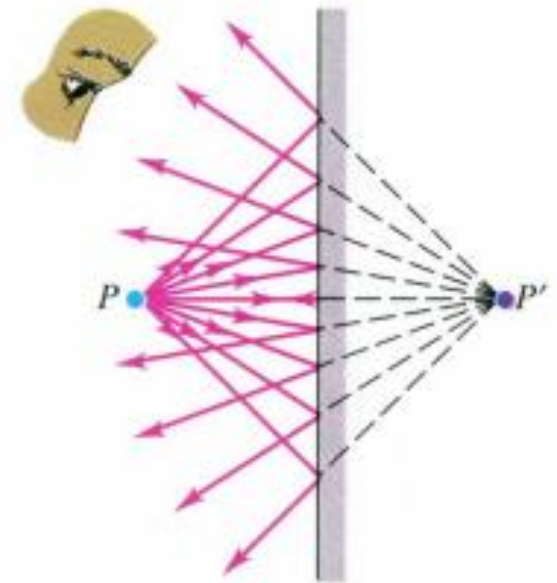
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Προφανώς στο μάτι ενός παρατηρητή εισέρχονται απευθείας ακτίνες από το P .
- 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 ΕΙΔΩΛΟ του P .



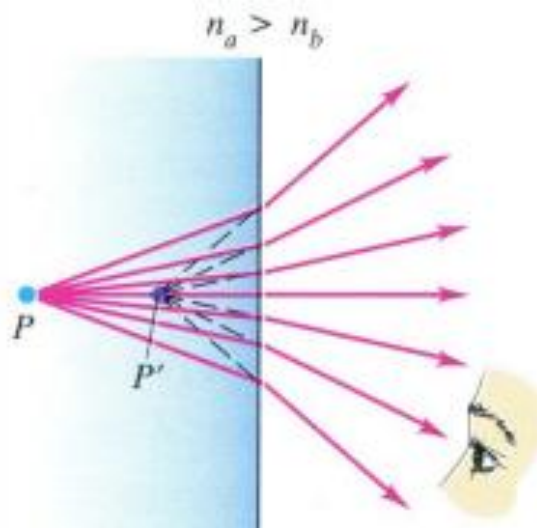
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

- Αν η ανάκλαση ήταν διάχυτη, τότε οι ανακλώμενες ακτίνες δεν θα συνέκλιναν σε ένα σημείο και δεν θα εμφανίζονταν το είδωλο του P.



ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P .
- Από το P οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια επιφάνεια και διαθλώνται απομακρυνόμενες από την κάθετο.



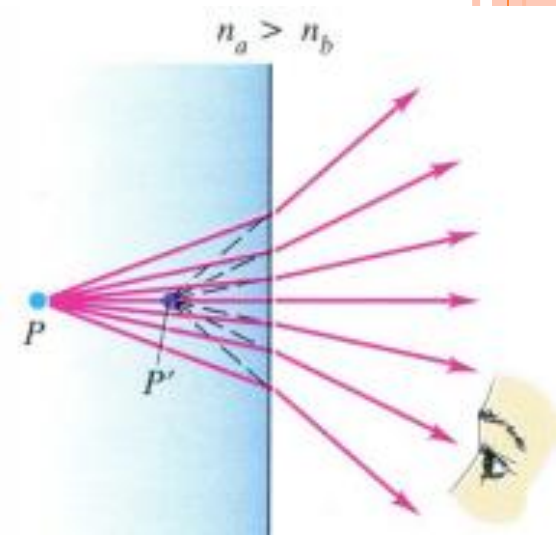
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

- Ένα παράδειγμα ειδώλου από διάθλαση είναι η περίπτωση αντικειμένου εγκλωβισμένου σε ρετσίνι, ή ενός ψαριού μέσα στη θάλασσα.



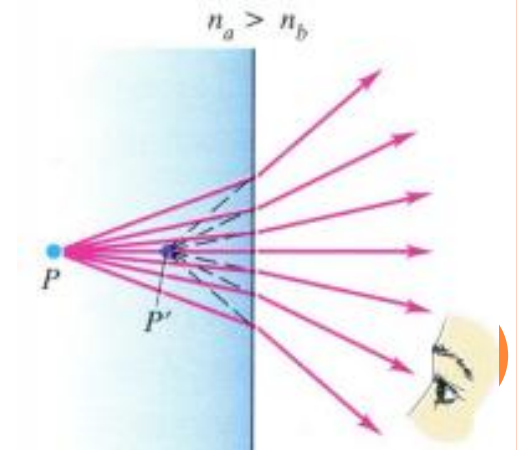
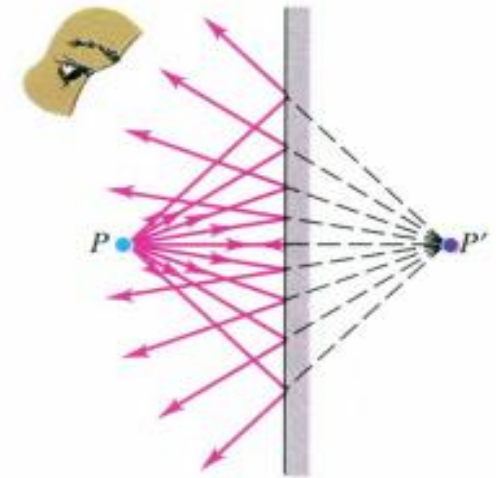
ΕΙΔΩΛΟ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

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



ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- Στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, δεν είναι οι ίδιες οι ακτίνες αλλά οι προεκτάσεις τους που διέρχονται από το P' .
- Σε αυτή την περίπτωση το P' λέγεται ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ.



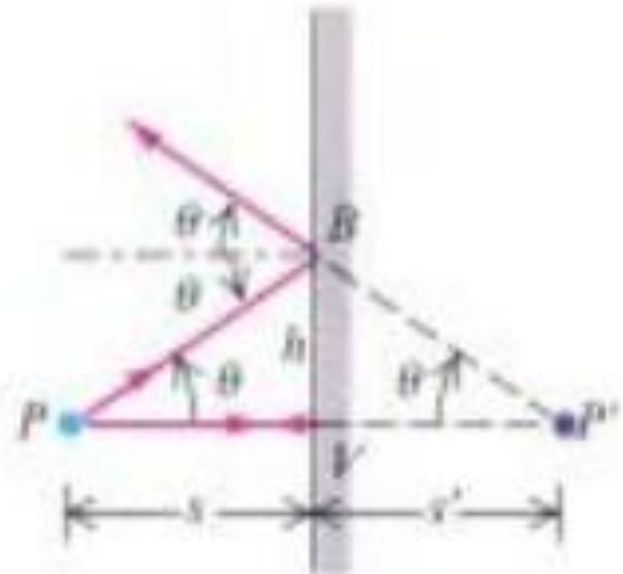
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

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



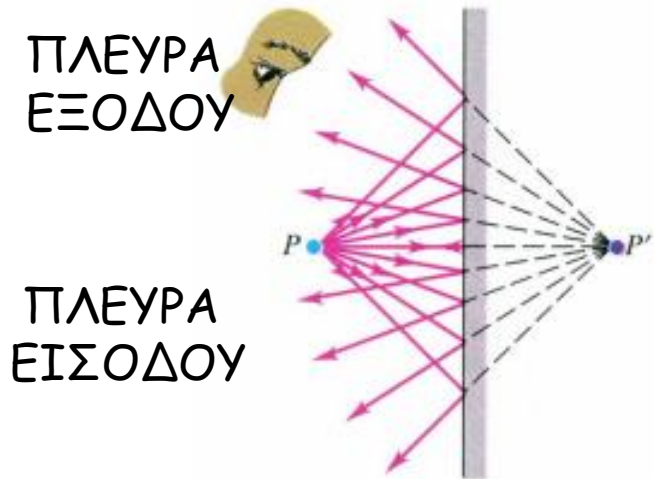
ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ ΓΡΑΦΙΚΑ

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

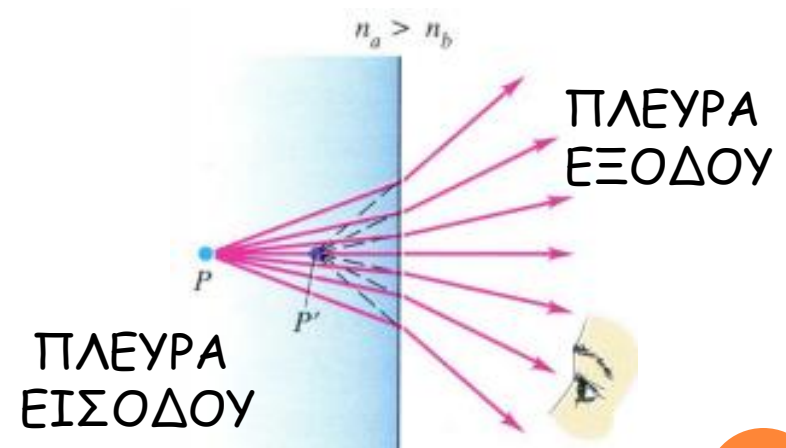


ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΣΗΜΩΝ

- Σε κάθε οπτικό σύστημα διακρίνουμε μια ΠΛΕΥΡΑ ΕΙΣΟΔΟΥ και μια ΠΛΕΥΡΑ ΕΞΟΔΟΥ του φωτός.



ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:
ΚΑΤΟΠΤΡΟ

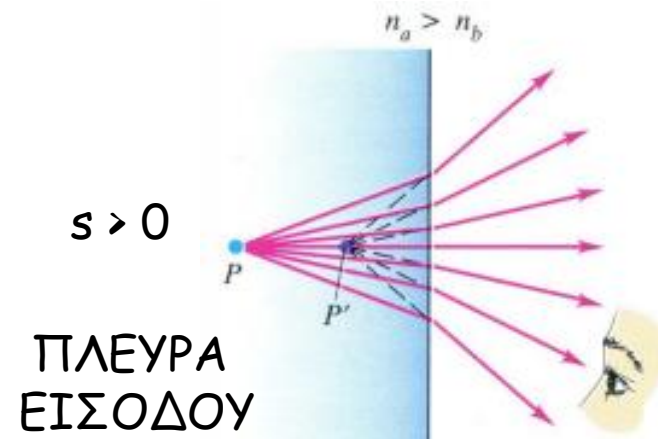
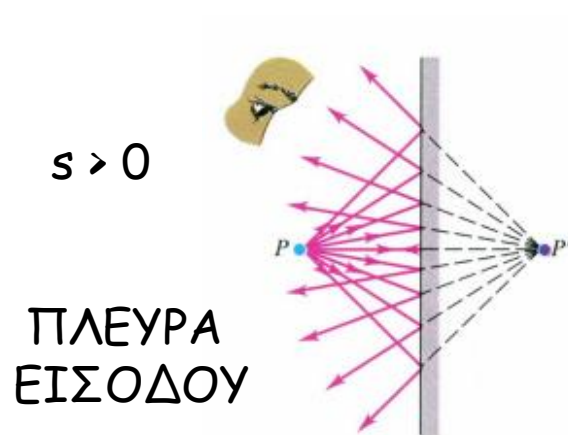


ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:
ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ



ΚΑΝΟΝΑΣ ΠΡΟΣΗΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

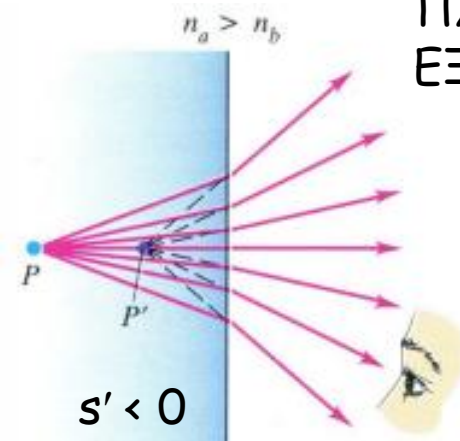
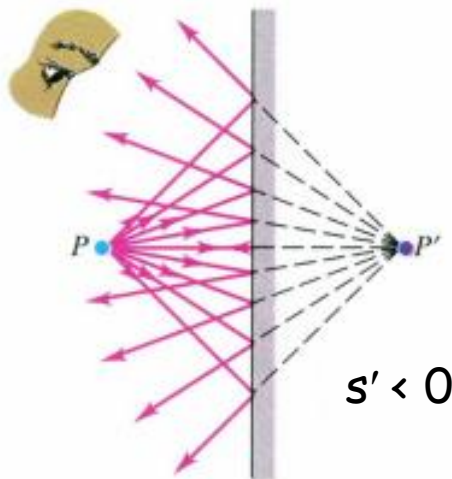
- Όταν το αντικείμενο βρίσκεται στην ίδια πλευρά του οπτικού συστήματος με το εισερχόμενο φως τότε η απόστασή του (s) λογίζεται θετική, αλλιώς είναι αρνητική.



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



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.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

- Αποδεικνύεται ότι

$$s = -s'$$

ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΕΙΔΩΛΟΥ

- Για το επίπεδο κάτοπτρο είναι $R = \infty$



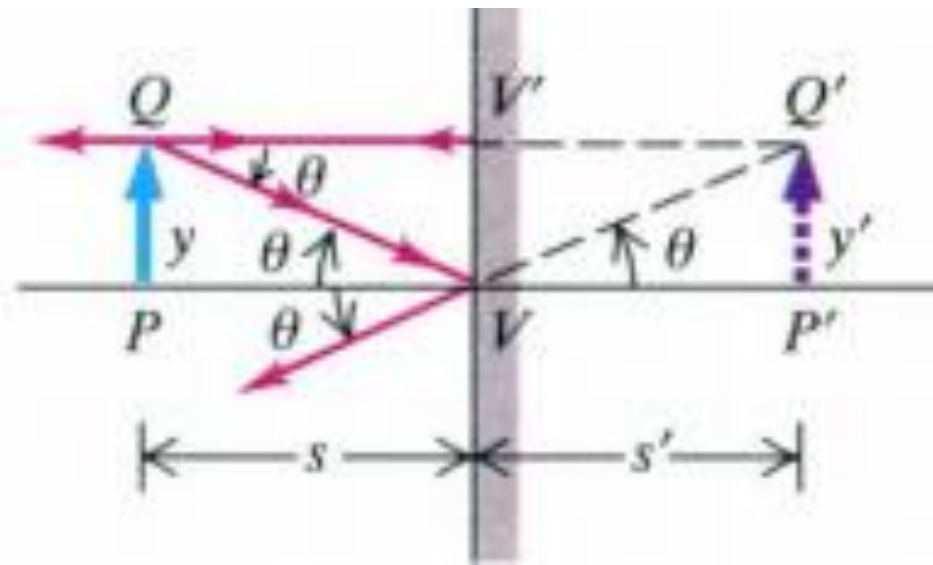
ΕΙΔΩΛΑ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

- 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

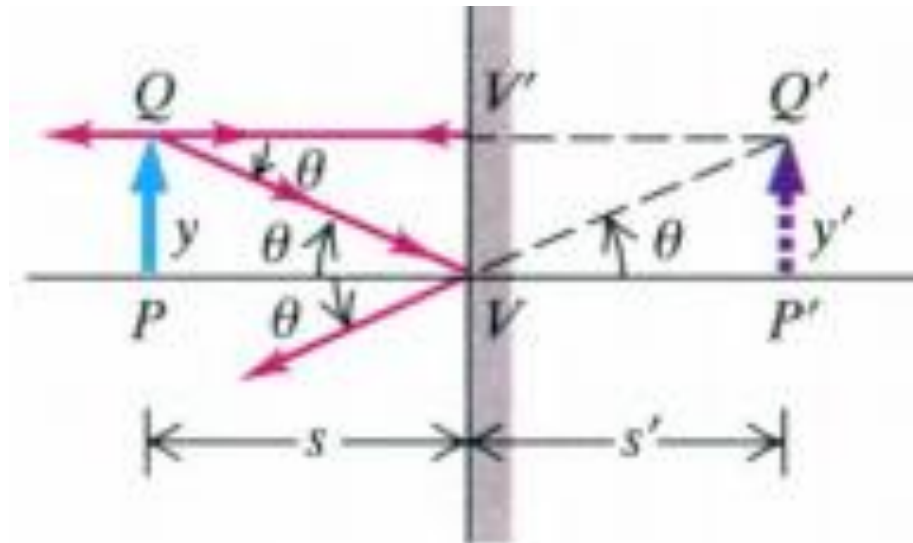
- Στην περίπτωση αυτή βρίσκουμε τα είδωλα των άκρων του αντικειμένου, (P και Q) τα οποία ενώνουμε.



ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Ορίζεται από το πηλίκο:

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



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.

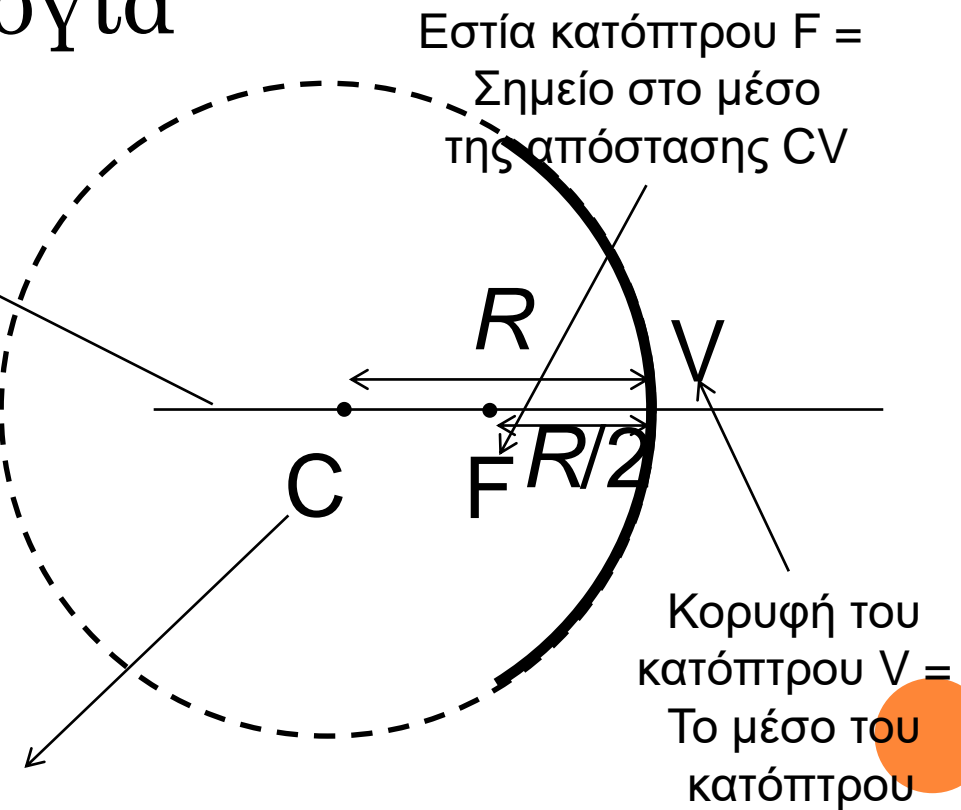


ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

- 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



ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

- Έστω ένα σημειακό αντικείμενο P και ένα κοίλο κάτοπτρο.
- Αποδεικνύεται ότι όλες οι ακτίνες από το P , διέρχονται μετά από ανάκλαση από το ίδιο σημείο P' .
- Το P' είναι το είδωλο του P .



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΩΛΟΥ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ ΑΛΓΕΒΡΙΚΑ

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

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

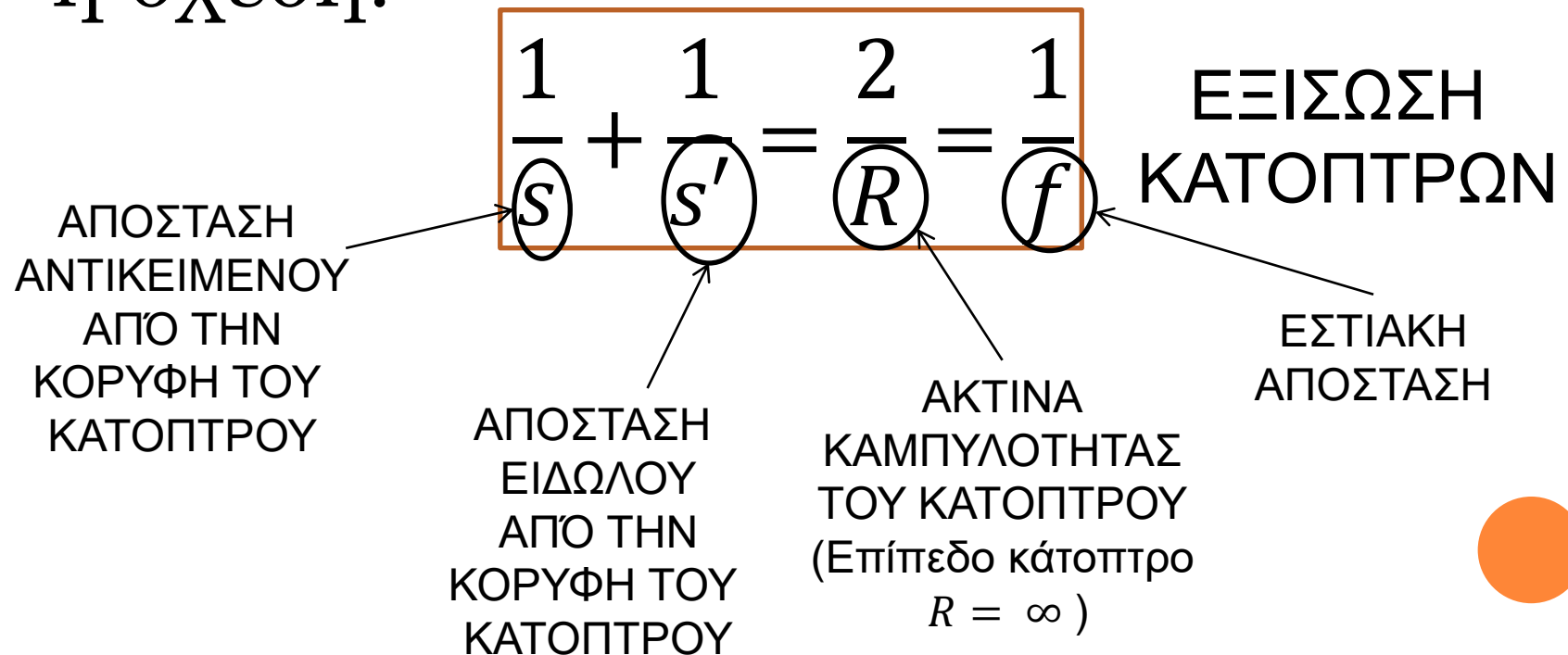
ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΟΥ

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

ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ





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.



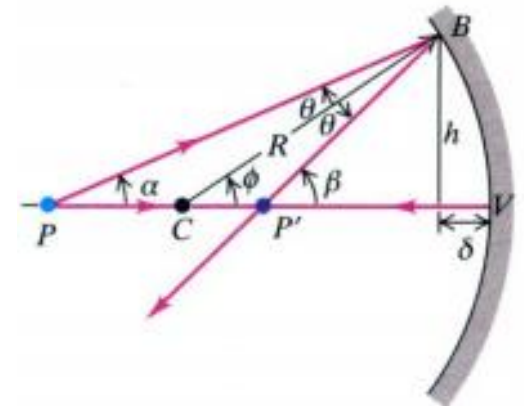
ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ ΓΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

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



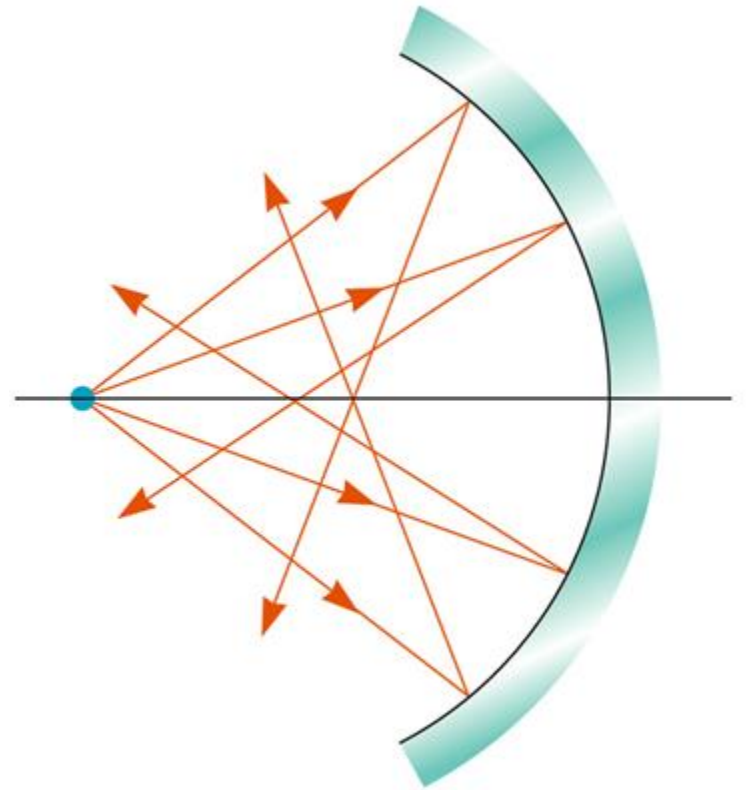
ΠΑΡΑΞΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

- 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 (a μικρή).



ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΕΚΤΡΟΠΗ

- Αν δεν περιοριστούμε σε παραξονικές ακτίνες, τότε δεν διέρχονται όλες από το ίδιο σημείο μετά από την ανάκλαση.



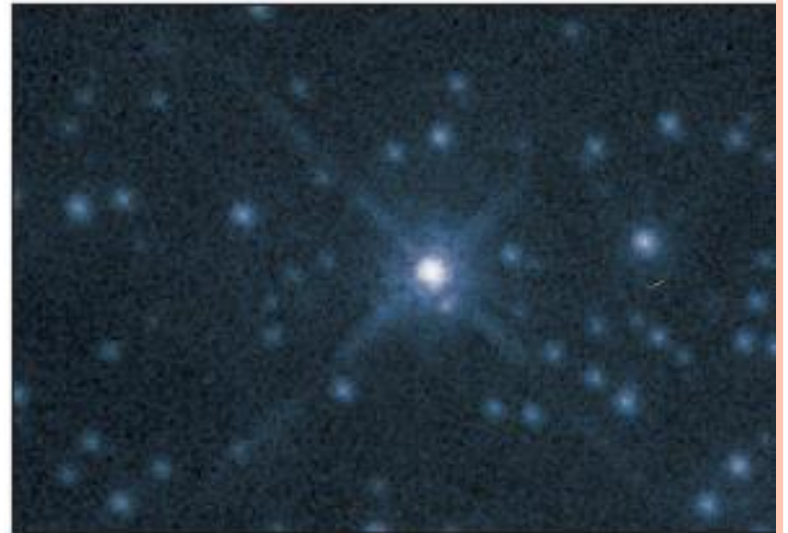
ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΕΚΤΡΟΠΗ

- 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.



ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

- Αποδεικνύεται ότι η μεγέθυνση δίνεται και από τη σχέση:

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

- Όταν $|m| > 1$, τότε μιλάμε για **μεγέθυνση** και όταν $|m| < 1$ μιλάμε για **σμίκρυνση**.
- Όταν $|m| > 0$, τότε μιλάμε για **ορθό** είδωλο, ενώ $|m| < 0$ μιλάμε για **ανεστραμμένο** είδωλο.



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.



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.

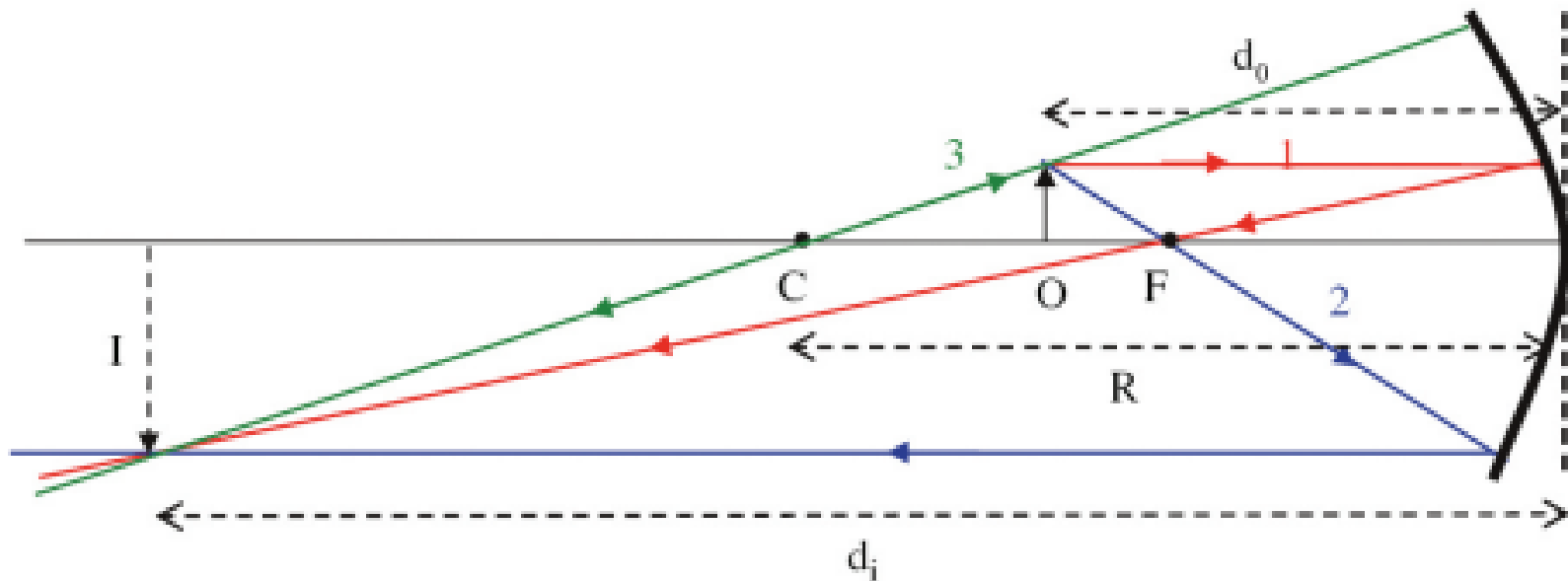


ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- 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 αυτή το είδωλο σχηματίζεται στην ίδια πλευρά με το εξερχόμενο φως, επομένως είναι $s' > 0$.
- Πρόκειται λοιπόν για πραγματικό είδωλο.



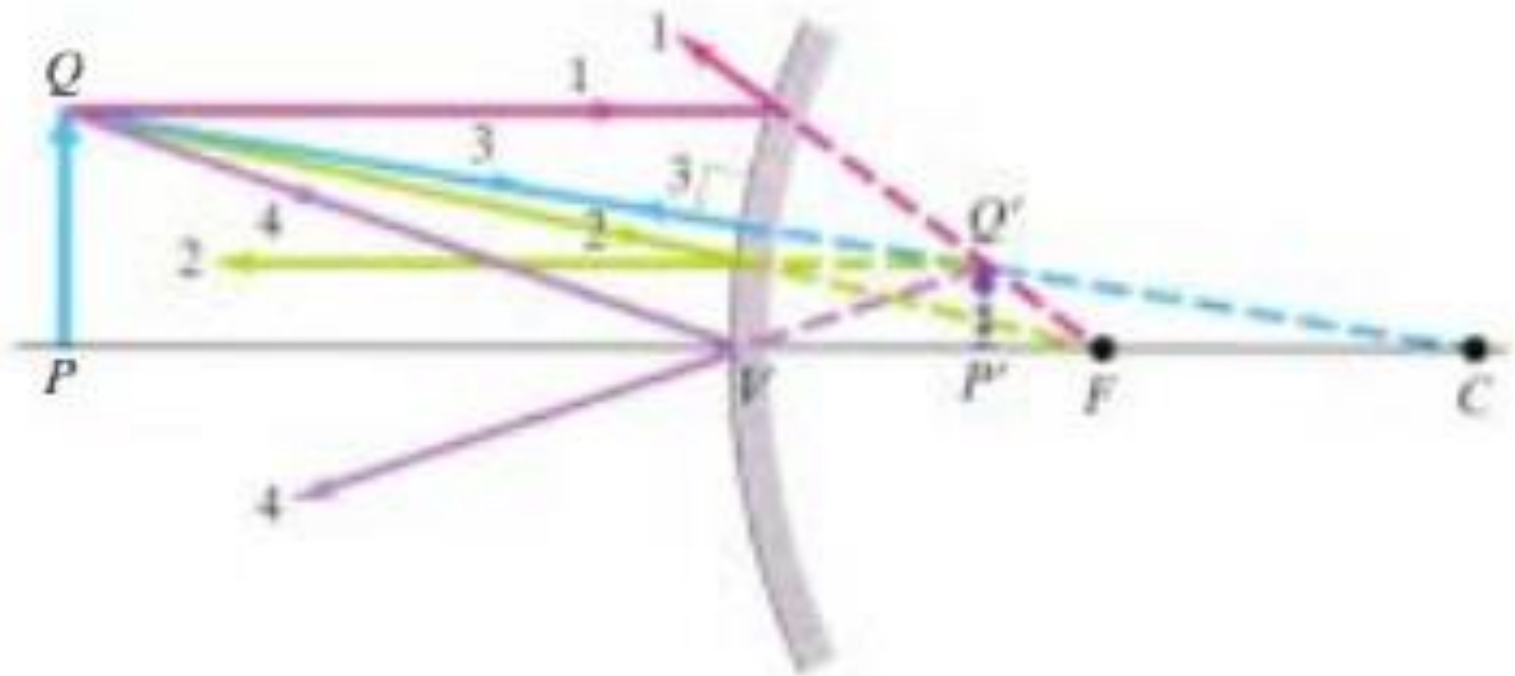
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΙΔΩΛΟ

- 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
$s > R$		
$s = R$		
$R/2 < s < R$		
$s = R/2$		
$s < R/2$		



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΚΟΙΛΟ	ΚΥΡΤΟ
$s > R$	Είδωλο πραγματικό, μικρότερο από το αντικείμενο και ανεστραμμένο	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.





ΕΙΔΩΛΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΑΝΗ

ΕΙΔΩΛΟ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Έστω ότι μια σφαιρική διαθλαστική επιφάνεια, ακτίνας R , η οποία χωρίζει δύο μέσα με δείκτες διάθλασης n_1 και n_2 .



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

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$



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:

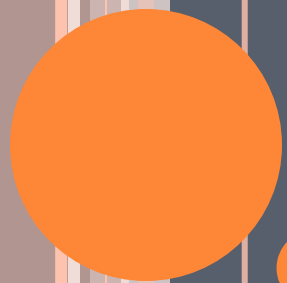
$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{n_1 \cdot s'}{n_2 \cdot s}$$



ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- Μια πσίνα έχει βάθος ίσο με 2 m. Υπολογίστε τι βάθος αντιλαμβάνεται ότι έχει η πσίνα ένας κολυμβητής 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.



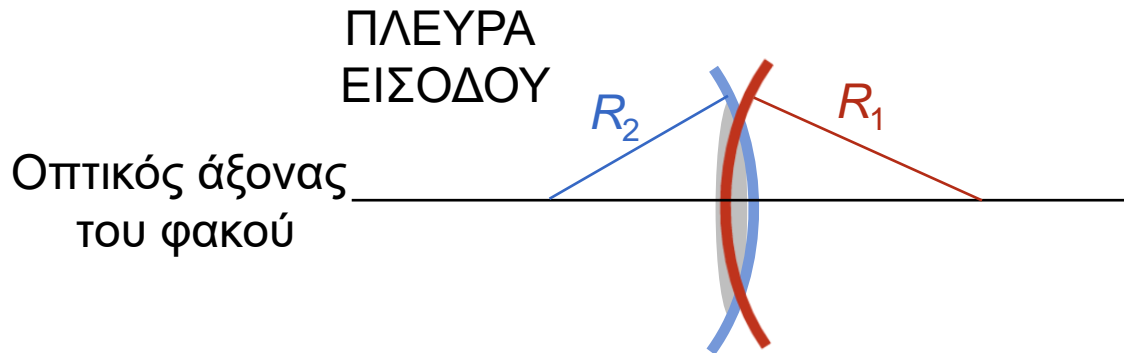
ΛΕΠΤΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

- 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 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.

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







ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΦΑΚΟΣ	ΠΡΟΣΗΜΟ R_1	ΠΡΟΣΗΜΟ R_2	ΠΡΟΣΗΜΟ f
			
			
			
			



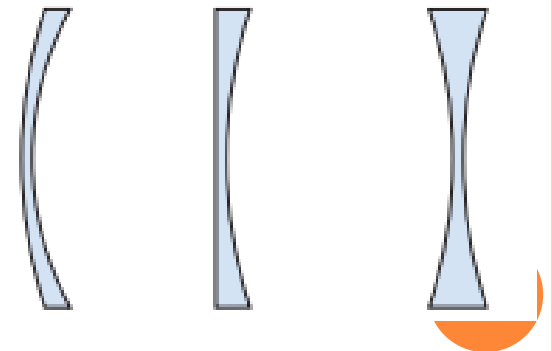
ΕΦΑΡΜΟΓΗ

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



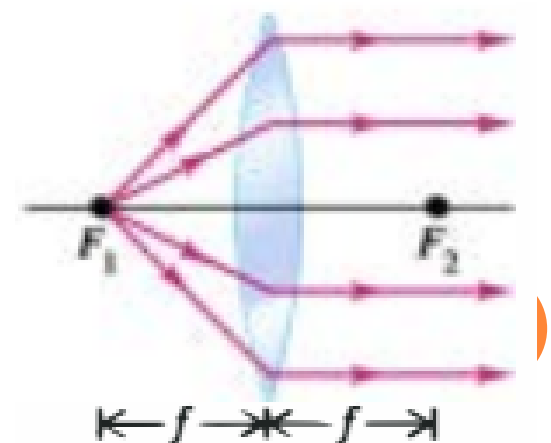
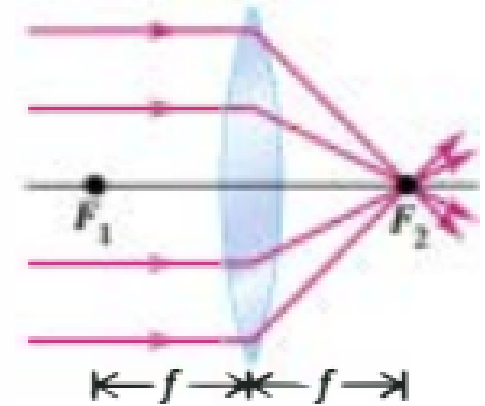
ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ & ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

- 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.



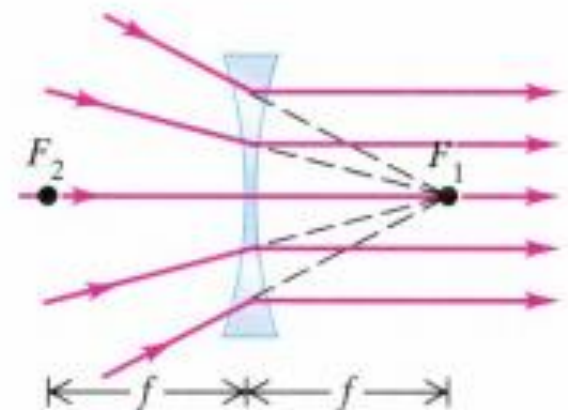
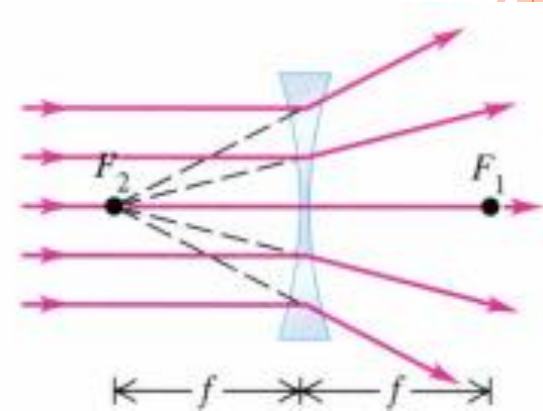
ΣΥΓΚΛΙΝΩΝ ΦΑΚΟΣ

- 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





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 ανάκλασή της κινείται παράλληλα προς τον οπτικό άξονα.



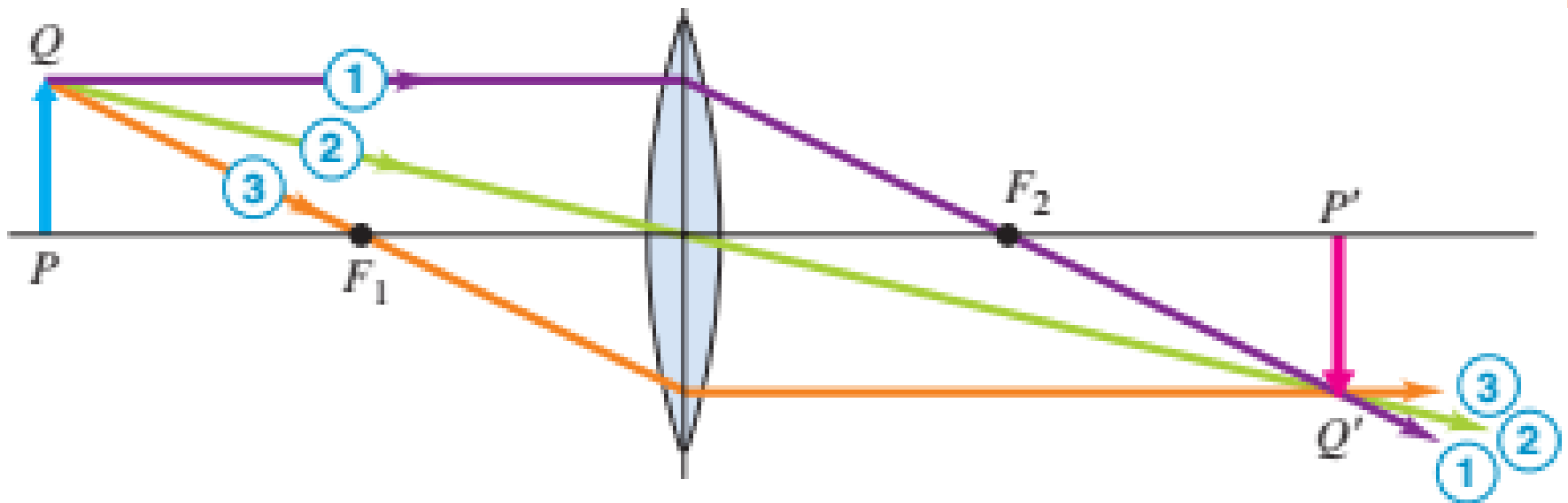
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

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



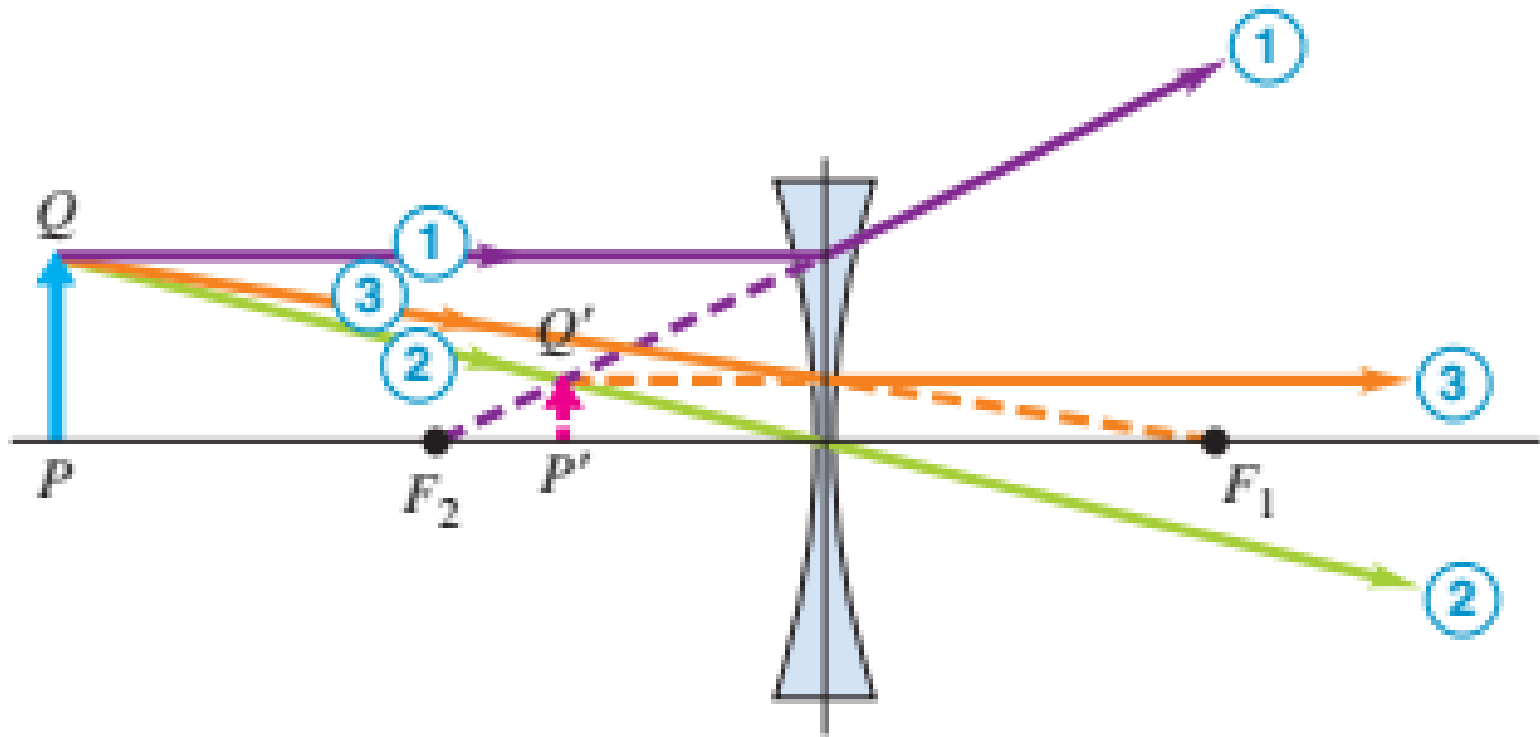
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για συγκλίνων φακό



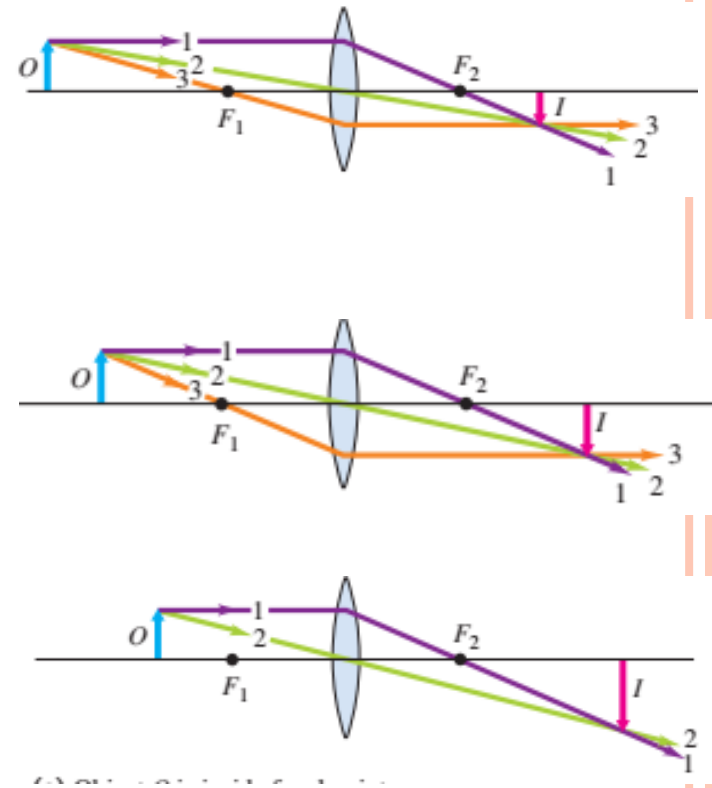
ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

- Σχηματικά για αποκλίνοντα φακό



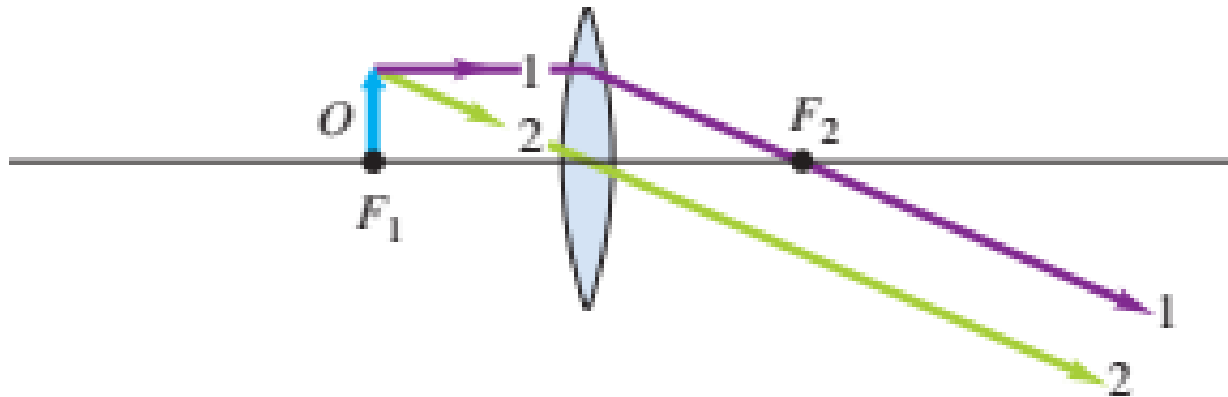
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

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



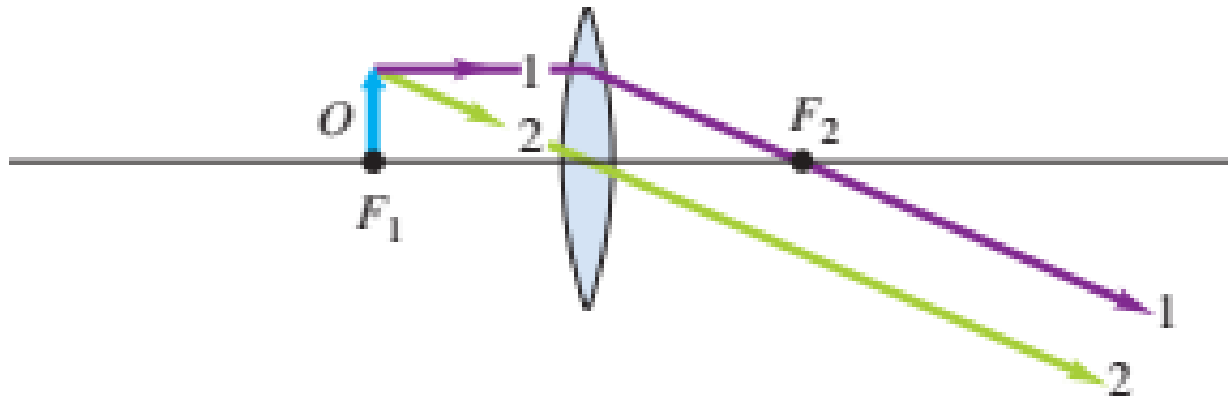
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

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



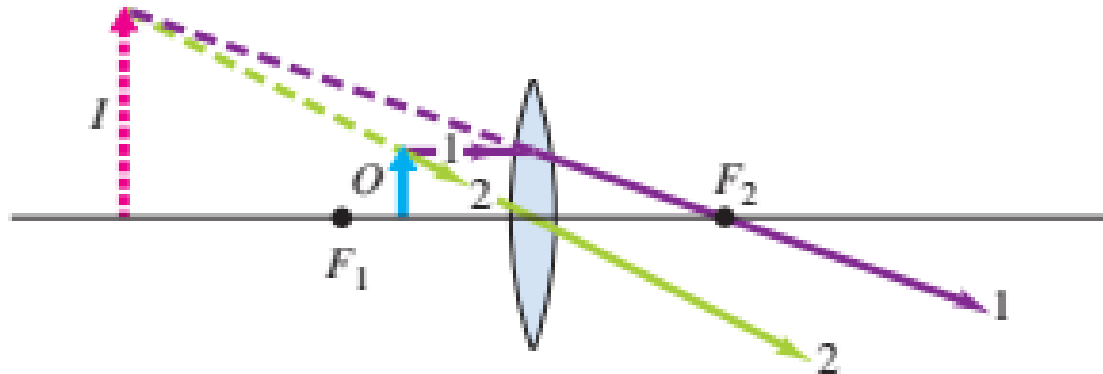
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

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



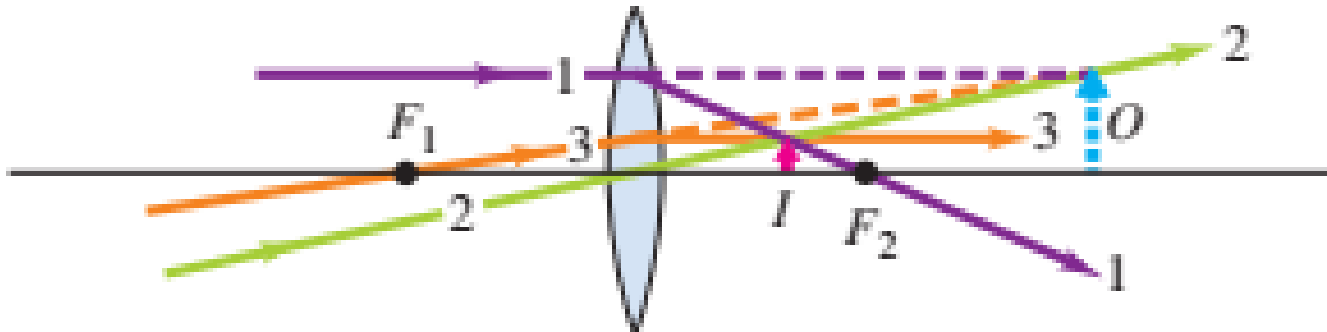
ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

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



ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Το αντικείμενο είναι φανταστικό



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

