

ΨΣ003 – Φυσική Γεωμετρική Οπτική

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων



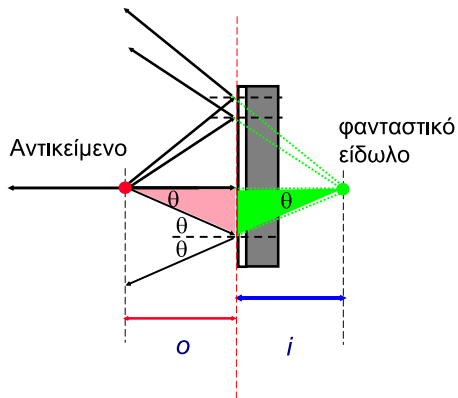
Περιεχόμενα

- 1 Είδωλα από επίπεδα κάτοπτρα
- 2 Είδωλα από σφαιρικά κάτοπτρα
- 3 Είδωλα από φακούς
- 4 Εξισώσεις κατόπτρων / φακών – Συμβάσεις προσήμων



Επίπεδο κάτοπτρο

- Είδωλο σημειακού αντικειμένου

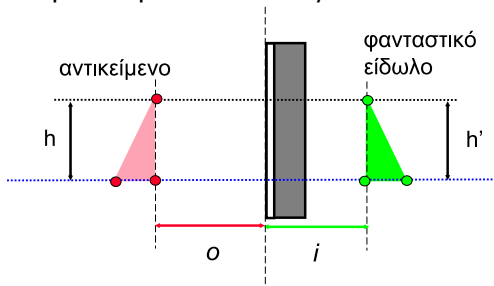


$$o = -i$$



Επίπεδο κάτοπτρο

- Είδωλο αντικειμένου με διαστάσεις



$$o = -i$$

Μεγέθυνση:

$$M = \frac{h'}{h} = 1$$



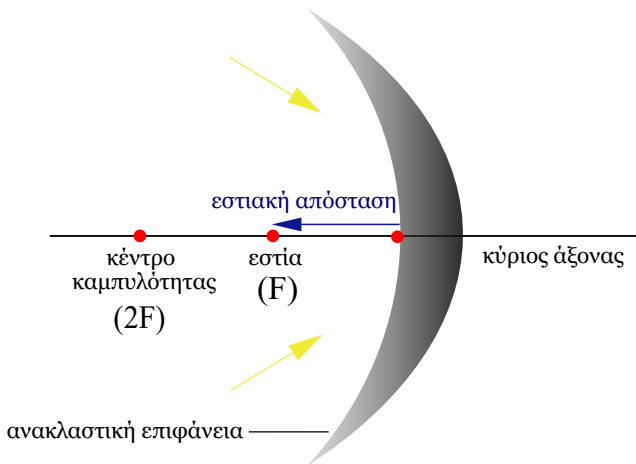
Περιεχόμενα

- 1 Είδωλα από επίπεδα κάτοπτρα
- 2 Είδωλα από σφαιρικά κάτοπτρα
- 3 Είδωλα από φακούς
- 4 Εξισώσεις κατόπτρων / φακών – Συμβάσεις προσήμων



Κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο

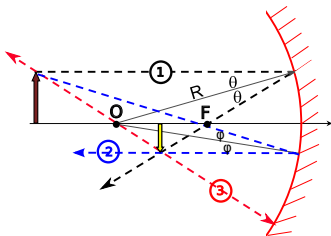
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά



Κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο

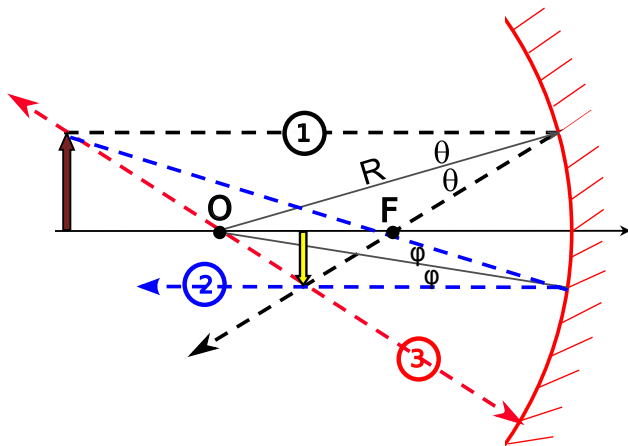
• Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων

- 1 Για προσπίπτουσες ακτίνες που κινούνται **παράλληλα** προς τον **κύριο άξονα** του κατόπτρου, οι ανακλώμενες ακτίνες διέρχονται από την **εστία** (F).
- 2 Για προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από την **εστία** (F), οι ανακλώμενες ακτίνες κινούνται **παράλληλα** προς τον **κύριο άξονα** του κατόπτρου.
- 3 Για προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από το **κέντρο καμπυλότητας** (O) του κατόπτρου, οι ανακλώμενες ακτίνες διέρχονται κι αυτές από το **κέντρο καμπυλότητας**.



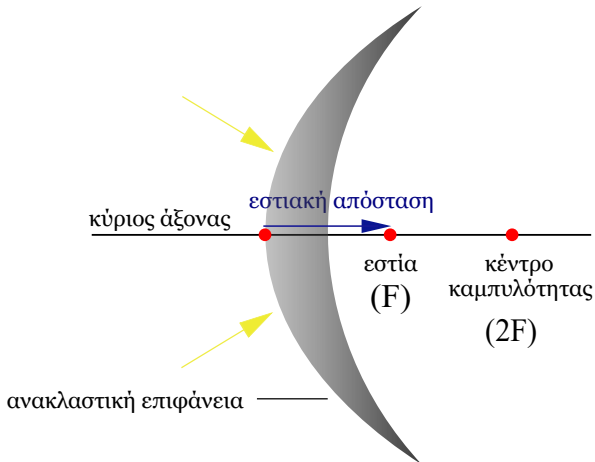
Κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο

- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων



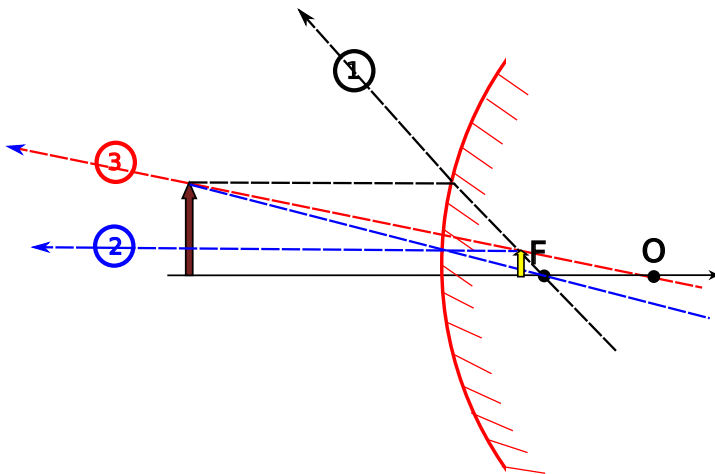
Κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο

- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά



Κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο

- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων



Ασκήσεις

Άσκηση 12.1

Για αντικείμενο που βρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα **κοίλου** κατόπτρου, να σχεδιάσετε με τη μέθοδο των τριών ακτίνων το αντίστοιχο είδωλο όταν η απόσταση του αντικειμένου από το κάτοπτρο είναι:

- 1 μεγαλύτερη από την ακτίνα καμπυλότητας.
- 2 ίση με την ακτίνα καμπυλότητας.
- 3 μικρότερη της ακτίνας καμπυλότητας και μεγαλύτερη της εστιακής απόστασης
- 4 ίση με την εστιακή απόσταση.
- 5 μικρότερη της εστιακής απόστασης.



Εξίσωση των κατόπτρων

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

όπου:

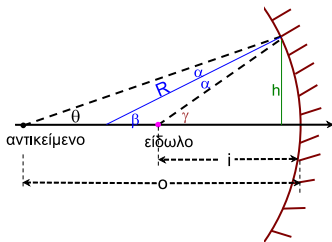
- o η απόσταση του **αντικειμένου** από το κάτοπτρο
- i η απόσταση του **ειδώλου** από το κάτοπτρο
- f η **εστιακή απόσταση** του κατόπτρου



Εξίσωση των κατόπτρων - Απόδειξη

- Για τις γωνίες του σχήματος ισχύουν $\beta = \alpha + \theta$ και $\gamma = 2\alpha + \theta$.
- Από τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει πως $\gamma = 2\beta - \theta$ ①.
- Υποθέτοντας ότι οι γωνίες είναι μικρές, μπορούμε να γράψουμε πως $\theta \approx \frac{h}{o}$, $\beta \approx \frac{h}{R}$ και $\gamma \approx \frac{h}{i}$.
- Αντικαθιστώντας τις προηγούμενες σχέσεις στη σχέση ① βρίσκουμε $\frac{1}{i} = \frac{2}{R} - \frac{1}{o}$.
- Λαμβάνοντας υπόψη πως η εστιακή απόσταση (f) είναι ίση με το μισό της ακτίνας καμπυλότητας (R), καταλήγουμε στην εξίσωση των κατόπτρων:

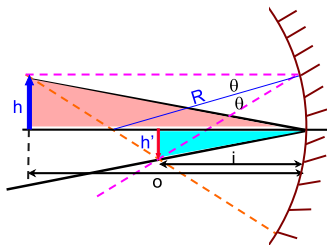
$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$



Μεγέθυνση

- Από τον ορισμό της **μεγέθυνσης** (M) ισχύει $M = \frac{h'}{h}$.
- Από τα όμοια τρίγωνα του σχήματος μπορούμε να γράψουμε τη σχέση $\frac{h}{o} = \frac{h'}{i}$.
- Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι $M = \frac{h'}{h} = \frac{i}{o}$.
- Αν θεωρήσουμε, κατά σύμβαση, **αρνητική** τη μεγέθυνση στην περίπτωση **αντεστραμμένου** ειδώλου, η προηγούμενη σχέση μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$M = -\frac{i}{o}$$



Ασκήσεις

Άσκηση 12.2

Εφαρμόστε την εξίσωση των κατόπτρων προκειμένου να αποδείξετε πως ένα επίπεδο κάτοπτρο παράγει ορθό και φανταστικό είδωλο και πως η αντίστοιχη μεγέθυνση ισούται με τη μονάδα.

Άσκηση 12.3

Εφαρμόστε την εξίσωση των κατόπτρων προκειμένου να αποδείξετε πως ένα κυρτό σφαιρικό κάτοπτρο παράγει ορθό και φανταστικό είδωλο.



Ασκήσεις

Άσκηση 12.4

Αντικείμενο τοποθετείται 10 cm μπροστά από κοίλο κάτοπτρο εστιακής απόστασης 5 cm , πάνω στον άξονα του κατόπτρου. Προσδιορίστε την απόσταση του ειδώλου από το κάτοπτρο και τη μεγέθυνση του αντικειμένου.

Άσκηση 12.5

Αντικείμενο ύψους 5 cm τοποθετείται μπροστά από κοίλο κάτοπτρο με ακτίνα καμπυλότητας 20 cm , πάνω στον άξονα του κατόπτρου. Προσδιορίστε το ύψος του ειδώλου αν η απόσταση του αντικειμένου από το κάτοπτρο είναι 5 cm . Όμοια αν η απόσταση είναι 15 cm , 20 cm και 30 cm .



Ασκήσεις

Άσκηση 12.6

Η εστιακή απόσταση κυρτού κατόπτρου είναι 10 cm και η απόσταση αντικειμένου από το κάτοπτρο είναι 20 cm. Προσδιορίστε την απόσταση του ειδώλου από το κάτοπτρο και τη μεγέθυνση του αντικειμένου.

Άσκηση 12.7

Αντικείμενο ύψους 10 cm τοποθετείται μπροστά από κυρτό κάτοπτρο με ακτίνα καμπυλότητας 20 cm, πάνω στον άξονα του κατόπτρου. Προσδιορίστε το ύψος του ειδώλου αν η απόσταση του αντικειμένου από το κάτοπτρο είναι 10 cm. Όμοια αν η απόσταση είναι 30 cm, 40 cm και 50 cm.

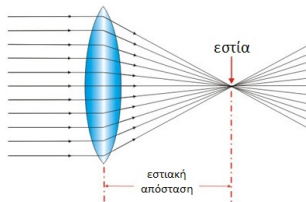


Περιεχόμενα

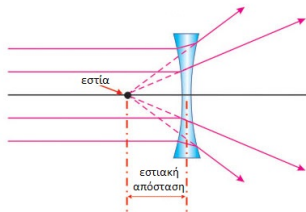
- 1 Είδωλα από επίπεδα κάτοπτρα
- 2 Είδωλα από σφαιρικά κάτοπτρα
- 3 Είδωλα από φακούς**
- 4 Εξισώσεις κατόπτρων / φακών – Συμβάσεις προσήμων

Βασικοί τύποι φακών

- Συγκλίνοντες



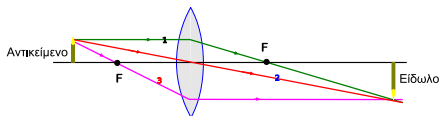
- Αποκλίνοντες



Συγκλίνων φακός

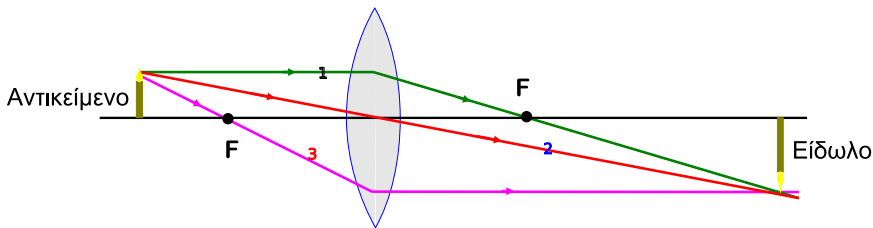
- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων

- 1 Προσπίπτουσες ακτίνες που κινούνται **παράλληλα** προς τον **κύριο άξονα** του φακού, εξέρχονται διερχόμενες από την **εστία (F)**.
- 2 Προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από το **κέντρο** του φακού **δεν αλλάζουν κατεύθυνση**.
- 3 Προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από την **εστία (F)** του φακού, εξέρχονται **παράλληλες** προς τον κύριο άξονα.



Συγκλίνων φακός

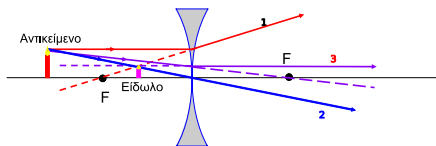
- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων



Αποκλίνων φακός

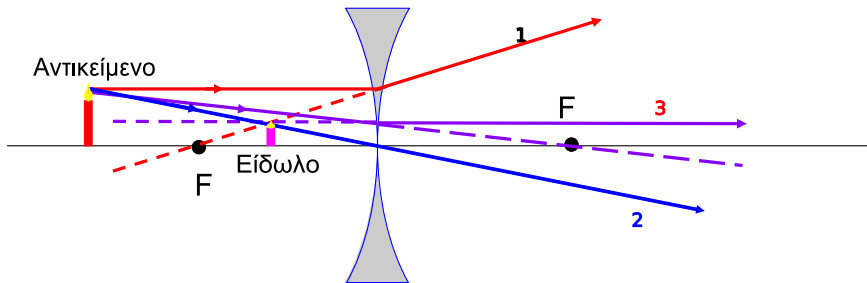
- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων

- 1 Προσπίπτουσες ακτίνες που κινούνται **παράλληλα** προς τον **κύριο άξονα** του φακού, εξέρχονται διερχόμενες από την **εστία (F)**.
- 2 Προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από το **κέντρο** του φακού **δεν αλλάζουν κατεύθυνση**.
- 3 Προσπίπτουσες ακτίνες που διέρχονται από την **εστία (F)** του φακού, εξέρχονται **παράλληλες** προς τον κύριο άξονα.



Αποκλίνων φακός

- Προσδιορισμός ειδώλου με τη μέθοδο των τριών ακτίνων



Εξίσωση των φακών

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

όπου:

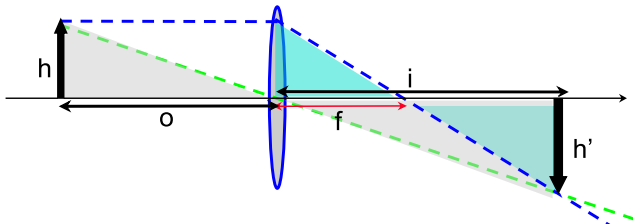
- o η απόσταση του **αντικειμένου** από τον φακό
- i η απόσταση του **ειδώλου** από τον φακό
- f η **εστιακή απόσταση** του φακού



Εξίσωση των φακών - Απόδειξη

- Από τα δύο ζεύγη όμοιων τριγώνων του σχήματος ισχύουν $\frac{h'}{h} = \frac{i}{o}$ και $\frac{h'}{i-f} = \frac{h}{f}$. Η τελευταία γράφεται, ισοδύναμα, $\frac{h'}{h} = \frac{i-f}{f}$.
- Από τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει πως $\frac{i}{o} = \frac{i-f}{f}$.
- Από την τελευταία σχέση προκύπτει η εξίσωση των φακών:

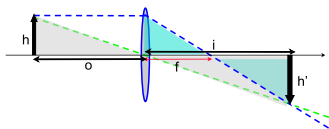
$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$



Μεγέθυνση

- Από τον ορισμό της **μεγέθυνσης** (M) ισχύει $M = \frac{h'}{h}$.
- Λαμβάνοντας υπόψη τα όμοια τρίγωνα του σχήματος δείξαμε ότι $\frac{h'}{h} = \frac{i}{o}$.
- Αν θεωρήσουμε, κατά σύμβαση, **αρνητική** τη μεγέθυνση στην περίπτωση **αντεστραμμένου** ειδώλου, η προηγούμενη σχέση μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$M = -\frac{i}{o}$$



Περιεχόμενα

- 1 Είδωλα από επίπεδα κάτοπτρα
- 2 Είδωλα από σφαιρικά κάτοπτρα
- 3 Είδωλα από φακούς
- 4 Εξισώσεις κατόπτρων / φακών – Συμβάσεις προσήμων



Συμβάσεις προσήμων

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

$$M = -\frac{i}{o}$$

απόσταση	τύπος κατόπτρου	τύπος φακού
f > 0	κοίλο	συγκλίνων
f < 0	κυρτό	αποκλίνων
o > 0	πραγματικό	πραγματικό
o < 0	φανταστικό	φανταστικό
i > 0	πραγματικό	πραγματικό
i < 0	φανταστικό	φανταστικό

Ασκήσεις

Άσκηση 12.8

Αντικείμενο ύψους 5 cm τοποθετείται σε απόσταση 5 cm μπροστά από συγκλίνοντα φακό εστιακής απόστασης 15 cm . Προσδιορίστε το ύψος και την απόσταση του ειδώλου από τον φακό, τη μεγέθυνση και τις ιδιότητες του ειδώλου.

Άσκηση 12.9

Αντικείμενο ύψους 5 cm τοποθετείται σε απόσταση 15 cm μπροστά από αποκλίνοντα φακό εστιακής απόστασης 30 cm . Προσδιορίστε το ύψος και την απόσταση του ειδώλου από τον φακό, τη μεγέθυνση και τις ιδιότητες του ειδώλου.

