Εργασία στο Μάθημα «Οπτική 1»

Όνομα: Ηλίας

Επίθετο: Χρυσοβέργης

ΑΕΜ: 8009

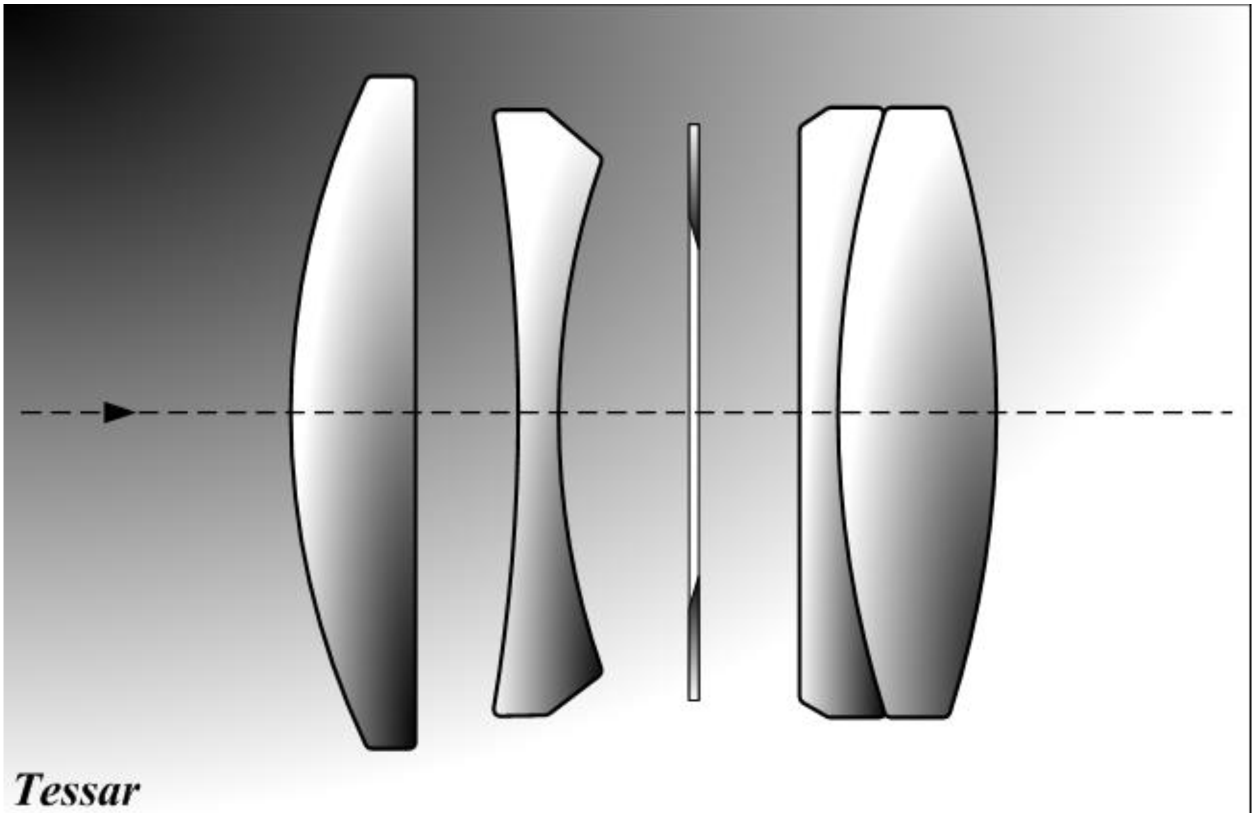
Ακαδημαίκο έτος : 2014 – 2015

Εαρινό Εξάμηνο (6ο)

Θέμα: Μελέτη Φακού Tessar

1./ Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη του φακού Tessar.

Η κατασκευή του φακού Tessar είναι η παρακάτω:




Και τα τυπικά κατασκευαστικά στοιχεία του είναι τα εξής (σε mm) :

| Στοιχείο ή Μεσοδιάστημα | Πάχος t | Ακτίνες καμπυλότητας $R_o$ | $R_i$ | Δείκτης διάθλασης n |
|---|---|---|---|---|
| L#1 (αμφίκυρτος) | 3.57 | 16.28 | 275.7 | 1.6116 |
| air 1-2 | 1.80 | | | |
| L#2 (αμφίκοιλος) | 0.81 | 34.57 | 15.82 | 1.6053 |
| air 2-3 | 3.25 | | | |
| L#3 (επιπεδόκοιλος) | 2.17 | $\infty$ | 19.20 | 1.5123 |
| air 3-4 | 0 | (συγκόλληση) | | |
| L#4 (αμφίκυρτος) | 3.96 | 19.20 | 24.00 | 1.6116 |

Οι αποστάσεις μετρώνται σε σχέση με τις κορυφές των οπτικών στοιχείων, ενώ στο μέσο της απόστασης των στοιχείων 2 και 3 υπάρχει διάφραγμα με μεταβαλλόμενο άνοιγμα.

2./

- Ο φακός Tessar (ή Zeiss Tessar) αποτελεί έναν από τους πιο διάσημους σχεδιασμούς φωτογραφικών φακών. Η αρχική ιδέα για την κατασκευή αυτού του φακού ήταν του Γερμανού φυσικού Paul Rudolph το 1902. Τον καιρό εκείνο ο Paul δούλευε στην εταιρεία οπτικών Zeiss, η οποία και πατένταρε την ιδέα του.

  Ο φακός αυτός αποτελείται από 4 στοιχεία σε 3 ομάδες.

  Το πρώτο στοιχείο είναι ένας αμφίκυρτος φακός, το δεύτερο ένας αμφίκοιλος, το τρίτο ένας επιπεδόκοιλος και το τέταρτο ένας αμφίκυρτος επίσης.

  Η αρχική ιδέα ήταν ο αναστιγματικός φακός ο οποίος διόρθωνε την σφαιρική εκτροπή,τον αστιγματισμό και άλλων ειδών εκτροπές. Αυτός αποτελούταν από 2 ενωμένα doublet. Η σχεδίαση αυτού του φακού έγινε το 1890. Το 1899 διαχώρισε αυτά τα 2 ζεύγη για να δημιουργήσει έναν φακό από 4 στοιχεία τον Unar Lens. Το 1902, διαπίστωσε ότι αν αλλάξει θέση στα 2 τελευταία στοιχεία του φακού και αν τα ένωνε, θα βελτιωνόταν η επίδοση του φακού. Το αποτέλεσμα έδωσε τον φακό Tessar, το όνομα του οποίου βγαίνει από την ελληνική λέξη τέσσερα , έτσι ώστε να δείξει τον σχεδιασμό με 4 στοιχεία.

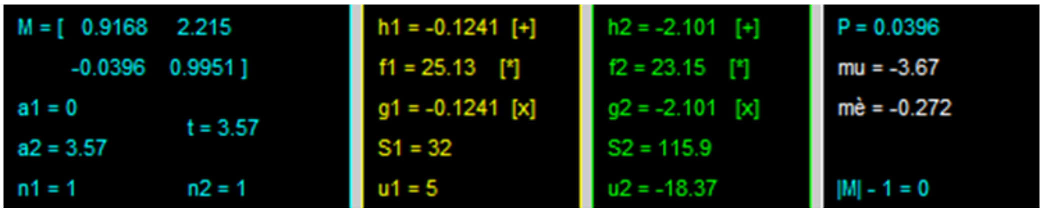
  Ο φακός αυτός χρησιμοποιείται πολύ συχνά σε κάμερες μεσαίου εύρους, επειδή παρέχει πολύ καλή καλή οπτική επίδοση σε καλή τιμή και συνήθως είναι πολύ συμπαγής.

  Επίσης, συχνά χρησιμοποιείται και σε φωτογραφικές μεγενθύσεις, επειδή παρέχει μεγαλύτερη αντίθεση από πολλούς άλλους φακούς αντίστοιχης κατηγορίας, λόγω του μικρού αριθμού επιφανειών ανάμεσα στον αέρα και το γυαλί. Όπως όλοι οι φακοί έτσι και ο Tessar εστιάζει με την μετακίνηση του προς ή από το φίλμ.

  Ο Tessar , όπως και μερικοί ακόμη φακοί, μπορεί να εστιάσει και με την μετακίνηση στοιχείων του φακού σε σχέση με τα υπόλοιπα. Βέβαια, αυτό συνήθως κάνει χειρότερη την οπτική επίδοση, αλλά είναι πιο φθηνή η κατασκευή του. Επειδή το πρώτο στοιχείο του φακού έχει το ένα τρίτο της ολικής οπτικής ισχύος ολόκληρου του φακού, μπορεί να μετακινηθεί το ένα τρίτο της απόστασης που θα χρειαζόταν όλος ο φακός για να εστιάσει στο ίδιο σημείο. Το μεγάλο κενό ανάμεσα στο πρώτο και το δεύτερο στοιχείο επιτρέπει την εστίαση μετακινώντας μόνο το εμπρόσθιο στοιχείο. Αυτός ο τρόπος εστίασης , χρησιμοποιήθηκε πολύ σε πολλές κάμερες Zeiss Ikon, λόγω της φτηνότερης κατασκευής του.

  Πολλοί φακοί που κυκλοφορούν σήμερα με το όνομα Tessar (π.χ. ο Vario Tessar που χρησιμοποιείται σε ψηφιακές κάμερες της Sony, ή ένας άλλος Tessar που χρησιμοποιείται σε κινητά Nokia ) έχουν μόνο το όνομα κοινό με τον πρώτο φακό Zeiss Tessar, καθώς διαφέρουν πολύ στην κατασκευή τους.

- Με χρήση του προγράμματος Ikon στο Matlab υπολόγισα τον πίνακα ABCD, τις μεγενθύσεις, την οπτική ισχύ και τα κύρια σημεία για κάθε στοιχείο του φακού:
  1. Για τον πρώτο φακό έχω:



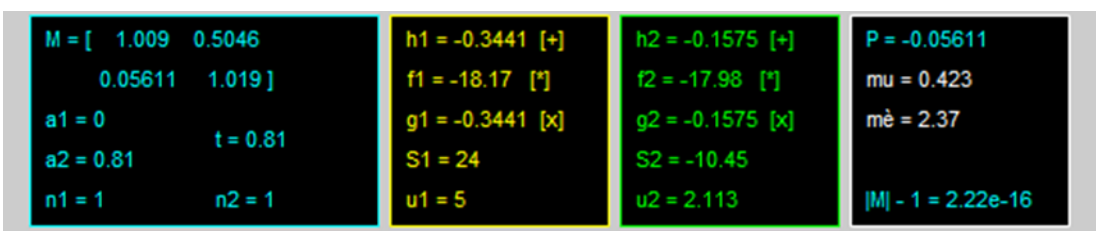

Τα πρωτεύοντα επίπεδα είναι κάθετα στον οπτικό άξονα. Το πρώτο ( H1 ) περνάει από το σημείο :

**h1 = -0.1241**

και η απόσταση μετρίεται από την είσοδο του στοιχείου ( το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι το h1 βρίσκεται δεξιά της εισόδου του οπτικού συστήματος, δεδομένου ότι ο οπτικός άξονας είναι προς τα δεξιά). Αντίστοιχα το δεύτερο πρωτεύον επίπεδο (H2) περνάει από το σημείο :

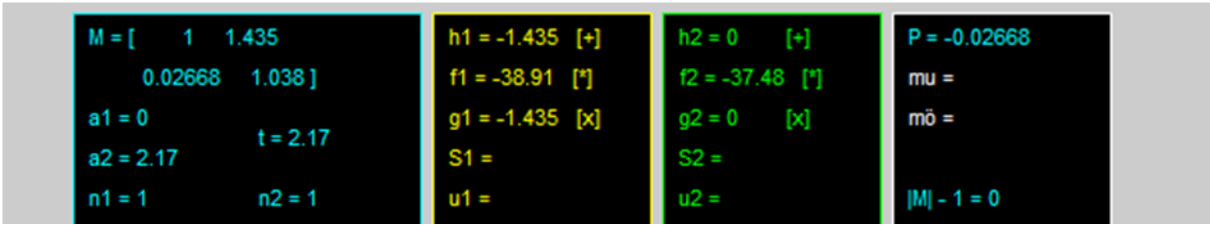
**h2 = -2.101**

  2. Για τον δεύτερο φακό έχω:




Τα πρωτεύοντα επίπεδα H1, H2 παιρνάνε από τα h1, h2 αντίστοιχα.

3. Για τον τρίτο φακό έχω:

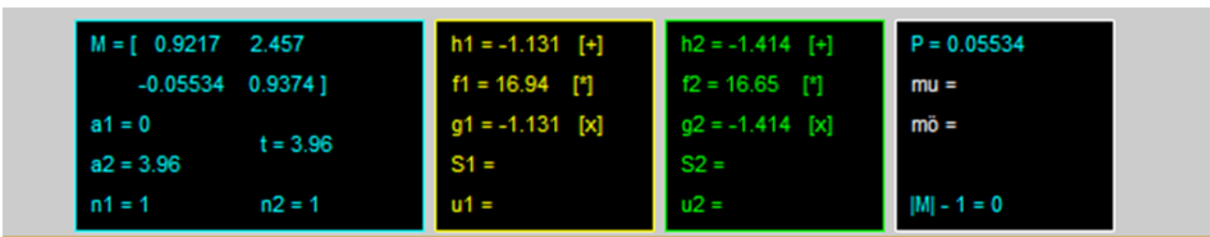



Τα πρωτεύοντα επίπεδα H1, H2 παιρνάνε από τα h1, h2 αντίστοιχα.
Το γεγονός ότι

**h2 = 0**

σημαίνει ότι το δεύτερο πρωτεύον επίπεδο βρίσκεται στην έξοδο του στοιχείου αυτού.

4. Για τον τέταρτο φακό έχω:



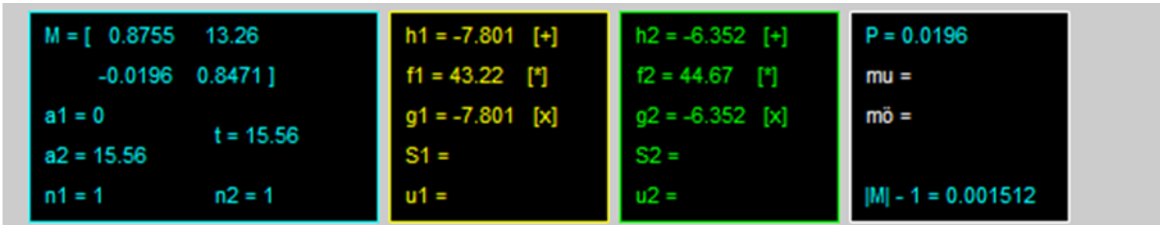

Τα πρωτεύοντα επίπεδα H1, H2 παιρνάνε από τα h1, h2 αντίστοιχα.

- Ο πίνακας ABCD του Ο.Σ.:

Μετα από κατάλληλο πολλαπλασιασμό των πινάκων ABCD των φακών και αυτών για την διάδοση ανάμεσα στους φακούς στο Matlab βρήκα:

**T=** **0.8755 13.2590**
**-0.0196 0.8471**

Με το πρόγραμμα Ikon έχω:




Τα κύρια σημεία είναι τα h1, h2 ( πρωτεύοντα), f1, f2 (εστιακά) και g1,g2 (κομβικά).

- Ο ισοδύναμος λεπτός φακός και τα χαρακτηριστικά του Ο.Σ.:

Ο ισοδύναμος λεπτός φακός μπορεί να χαρακτηριστεί από τα πρωτεύοντα σημεία του και από την οπτική ισχύ του ( P = -C) .
Άρα για το συνολικό οπτικό σύστημα όπως και για κάθε στοιχείο έχω:

| Παράμετρος / Στοιχείο | Οπτική Ισχύς P | Πρώτο Πρωτεύον H1 | Δεύτερο Πρωτεύον H2 |
|---|---|---|---|
| Στοιχείο 1 | 0.0396 | -0.1241 | -2.101 |
| Στοιχείο 2 | -0.05611 | -0.3441 | -0.1575 |
| Στοιχείο 3 | -0.02668 | -1.435 | 0 |
| Στοιχείο 4 | 0.05534 | -1.131 | -1.414 |
| Οπτικό σύστημα | 0.0196 | -7.801 | -6.352 |

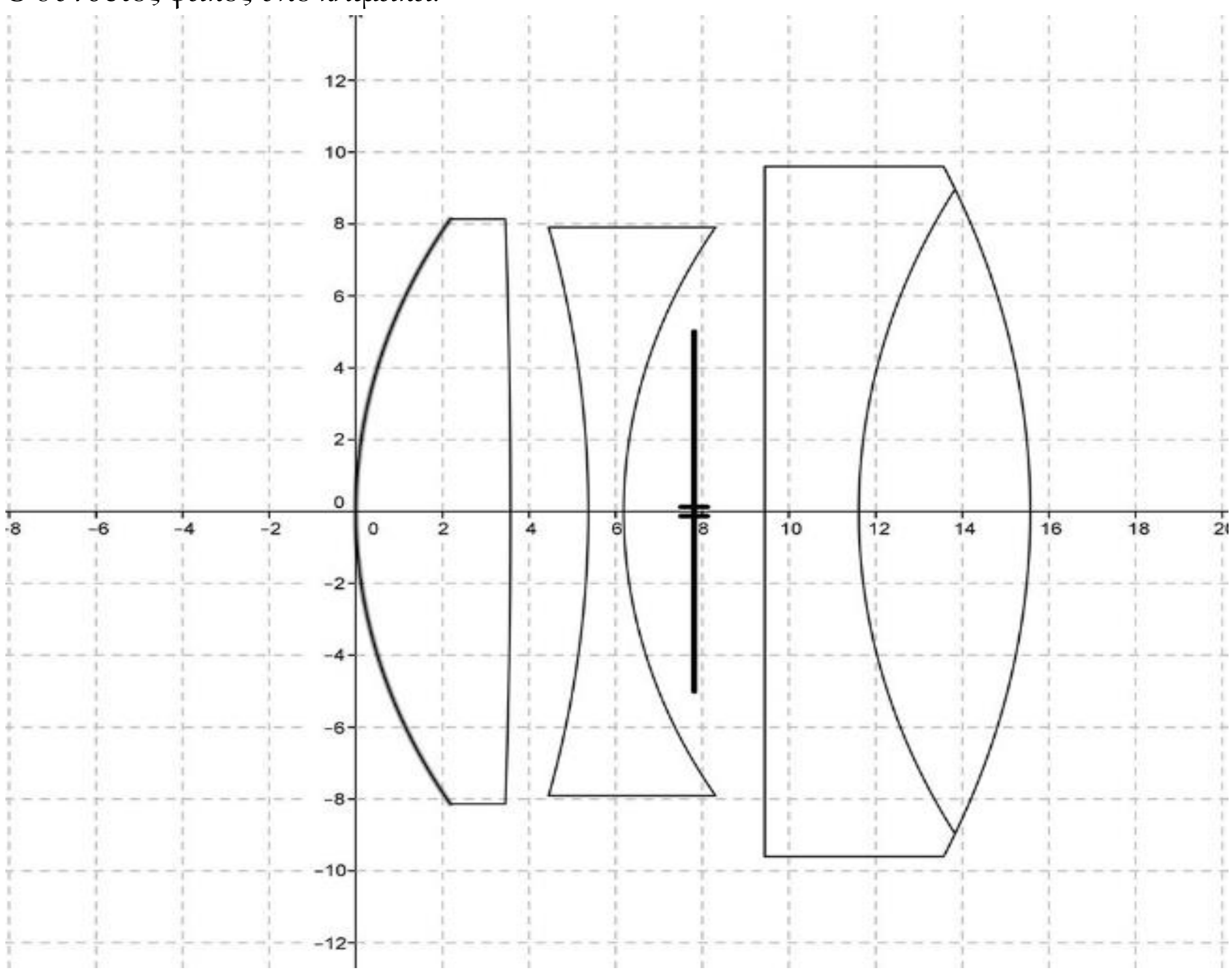
3./

- Εφόσον το τόξο του σφαιρικού τμήματος δεν πρέπει να ξεπερνάει τις $\pm 30°$ το μέγιστο άνοιγμα της γωνίας θα είναι 60°. Εφόσον το τρίγωνο που σχηματίζεται από το κέντρο ενός κύκλου και 2 σημεία του τόξου είναι ισοσκελές, τώρα επειδή το άνοιγμα είναι 60 μοίρες θα έχουμε ισόπλευρο τρίγωνο.Άρα, η διάμετρος D των στοιχείων θα είναι ίση με την ακτίνα ( ακτίνα καμπυλότητας). Τώρα, τό θέμα είναι ποια ακτίνα καμπυλότητας θα χρησιμοποίησω. Θα επιλέξω την μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας διότι αυτή δίνει την μέγιστη διάμετρο του φακού.

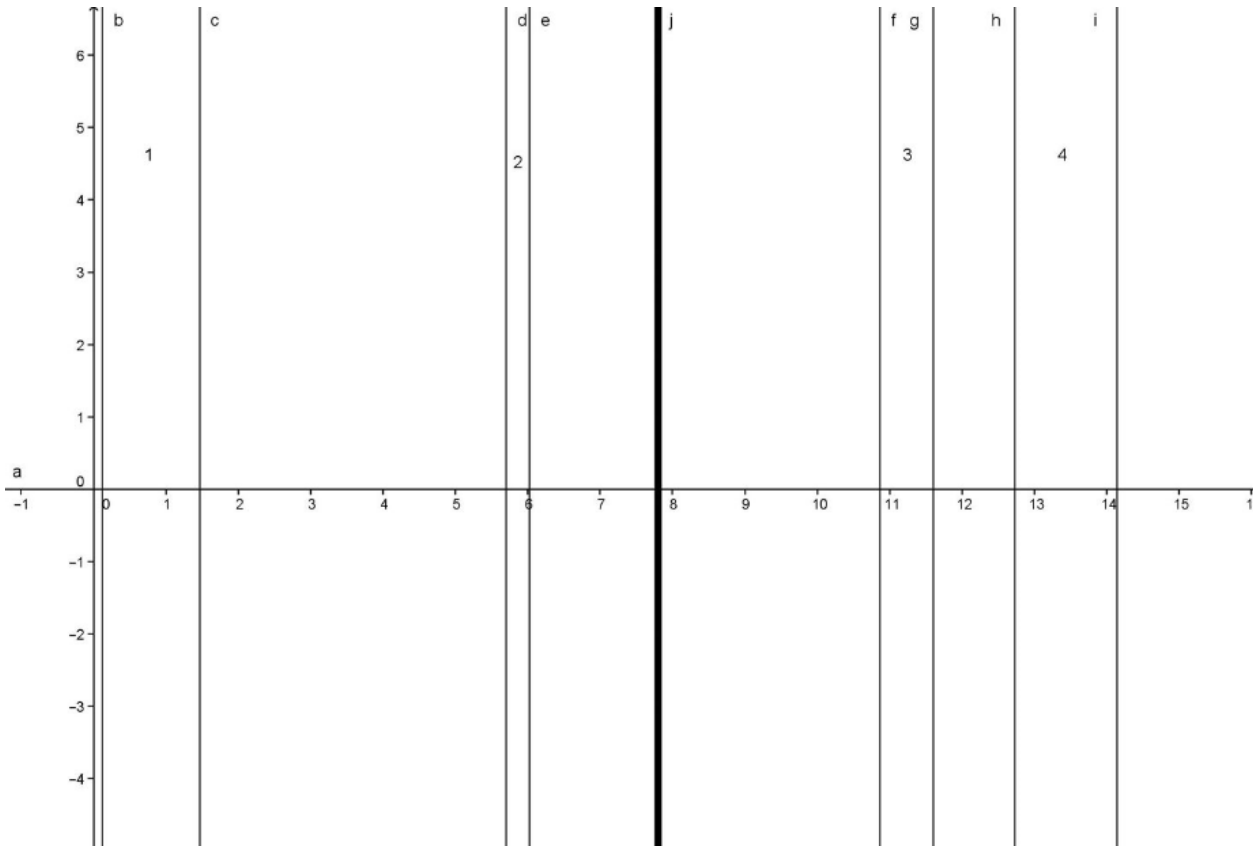
  Άρα για κάθε στοιχείο έχω:

| | |
|---|---|
| Στοιχείο 1 | D = Ro =16.28mm |
| Στοιχείο 2 | D = Ri = 15.82mm |
| Στοιχείο 3 | D = Ri = 19.2  mm |
| Στοιχείο 4 | D = Ro = 19.2 mm |

- Ο σύνθετος φακός υπό κλίμακα:



- Ο σύνθετος φακός υπό κλίμακα ( πρωτεύοντα επίπεδα):




Για το πρώτο στοιχείο έχω: b = H1 & c = H2.

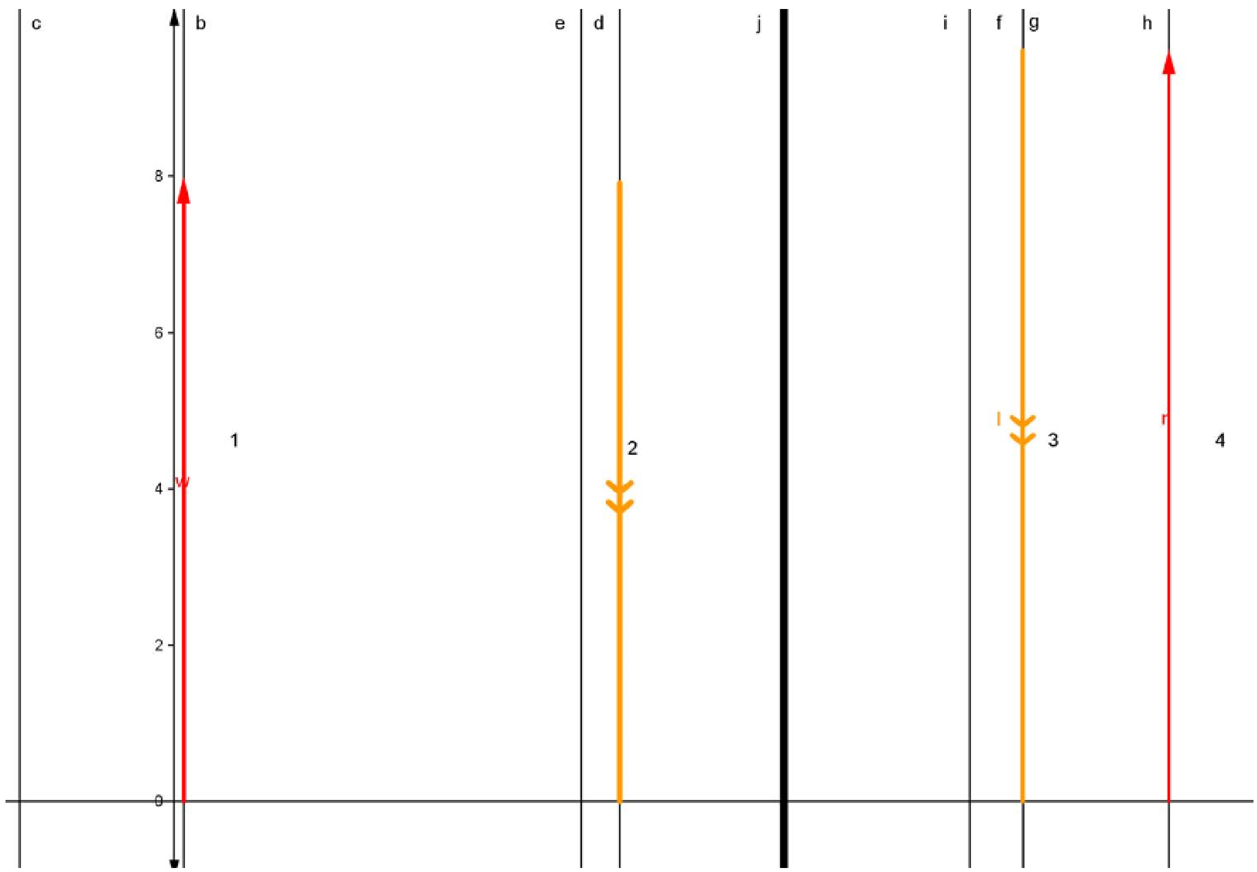
Για το δεύτερο στοιχείο έχω: d = H1 & e = H2.

Για το τρίτο στοιχείο έχω: f = H1 & g = H2.

Για το τέταρτο στοιχείο έχω : h = H1 & i = H2.

(Το h1 υπολογίζεται σε σχέση με την είσοδο του στοιχείου ενώ το h2 σε σχέση με την έξοδο με τις γνωστές συμβάσεις.)

- Ο σύνθετος φακός υπό κλίμακα (ισοδύναμος λεπτός φακός):



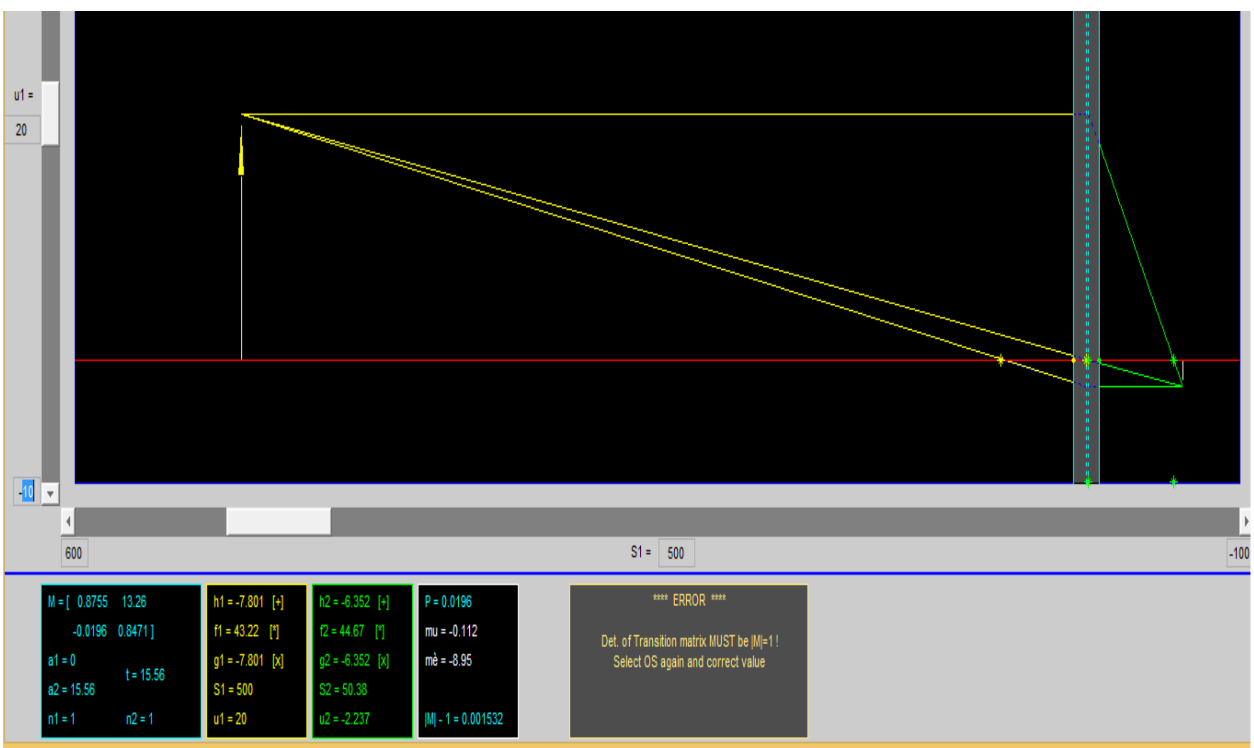

Όπου τα κόκκινα βέλη παριστάνουν συγκλινοντες φακούς και τα πορτοκαλί αποκλίνοντες.

Για τον ισοδύναμο λεπτό φακό ουσιαστικά συμπιέζω τον χώρο του φακού και φέρνω το δεύτερο πρωτεύον σημείο επάνω στο πρώτο.
Άρα οι ισοδύναμοι λεπτοί φακοί βρίσκονται στην θέση του πρώτου πρωτεύοντος επιπέδου τους.

4./

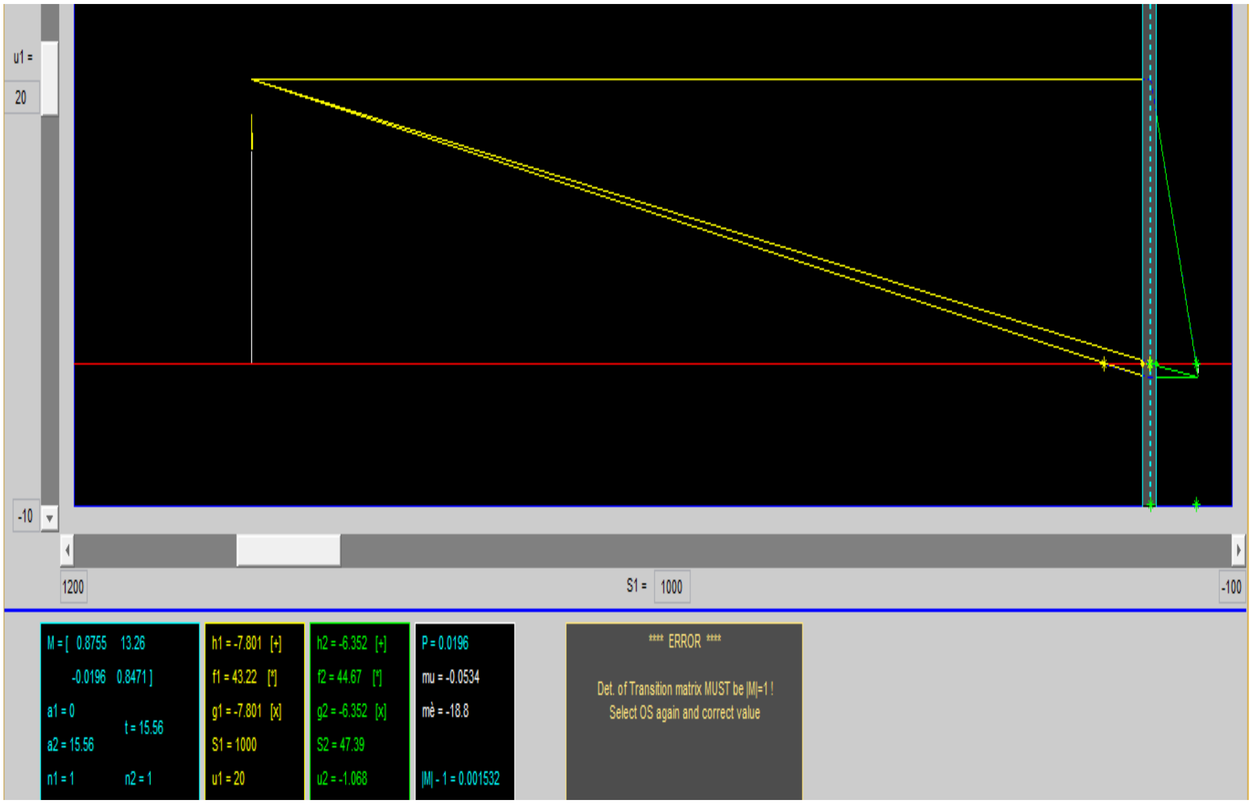
- Εφόσον η γωνία των ακτινών εισόδου δεν πρέπει να ξεπερνάει τις ±15°, το μέγιστο άνοιγμα στην είσοδο δεν πρέπει να ξεπερνάει τις 30 μοίρες.
  Η διάμετρος του πρώτου στοιχείου είναι 16.28 mm και σύμφωνα με αυτήν θα υπολογίσω την ελάχιστη απόσταση εστίασης.
  Έχω : $\tan 15° = D \div (2 \times x)$ .
  Άρα **x=30.379 mm**
  Αυτή η απόσταση όπως βλέπουμε είναι μικρότερη από την πρώτη εστιακή (f1).
  Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να σχηματίζεται φανταστικό είδωλο αν εστιάσουμε σε αυτή την απόσταση αφού οι ακτίνες κατά την έξοδο από το φακό αποκλίνουν.

- Όπως εύκολα φαίνεται η μεγαλύτερη ελάχιστη απόσταση εστίασης είναι τα 0.5m και αυτή θα χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια της άσκησης.
  Με το πρόγραμμα Ikon βλέπουμε ότι το είδωλο για S1 = 0.5 m εμφανίζεται στην θέση S2=50.38 .




Βλέπω ότι όσο αυξάνω το S1 τόσο μικραίνει το S2 διότι τότε στέλνω το αντικείμενο μου στο άπειρο και άρα η S2 τίνει να πάρει την τιμή f2.

Για S1 = 1000 έχω S2 = 47.39.




Άρα, η μέγιστη απομάκρυνση του φακού από το φιλμ είναι αυτή η S2 = 50.38 .
Η ελάχιστη απομάκρυνση είναι η f2 = 44.67 όπως είδαμε και από το πρόγραμμα.

- Για να βρω την μέγιστη διάμετρο του διαφράγματος εισόδου, αν θέλω να λειτουργεί σαν τέτοιο το εσωτερικό διάφραγμα που ήδη υπάρχει, θα βρω το ελάχιστο άνοιγμα γωνίας που επιτρέπουν οι φακοί πριν από το διάφραγμα.

  Η γωνία η οποία έχει η ακτίνα όταν μπαίνει στο πρώτο στοιχείο είναι:

  φ = arctan(Ro/(2*500)) = 0.93 μοίρες = 0.016 rad.

  Παίρνω ένα σημείο από το επίπεδο παρατήρησης ( S1 = 500 mm) για το οποίο έχω u1=0 και φ1 = 0.016 rad.

  Για να βρω αν η ακτίνα περάσει από το δεύτερο στοιχείο του φακού θα δω πως επιδρά το πρώτο στοιχείο του φακού πολλαπλασιάζοντας με τον πίνακα ABCD του και με τους πίνακες διάδοσης για την απόσταση ανάμεσα στο επίπεδο παρατήρησης και το πρώτο στοιχείο όπως και για την απόσταση ανάμεσα στα πρώτα 2 στοιχεία.

  Με το πρόγραμμα matlab βλέπω ότι κατά την είσοδο της ακτίνας στο $2^{ο}$ στοιχείο έχω:

```
>> [1 1.8;0 1]*T1*[1 500 ; 0 1]*[0 ; 0.016]

ans =

    6.8283
   -0.3009
```

Εφόσον έχω u = 6.8283 και R2 = 15.82 η ακτίνα θα μπεί στο δεύτερο στοιχείο.

Για να βρω την είσοδο στο 3ο στοιχείο θα δουλέψω με παρόμοιο τρόπο. Τώρα έχω:

```
>> [1 3.25 ; 0 1 ]*T2 * [6.8283; -0.3009]

ans =

    6.9866
    0.0765
```

Κι εδώ βλέπω ότι η ακτίνα θα μπει στο 3ο στοιχείο αφού έχω u = 6.9866 και R3 = 19.2.

Τέλος, για να βρώ την είσοδο στο 4ο στοιχείο έχω:

```
>> T3*[6.9866; 0.0765]

ans =

    7.0964
    0.2658
```

Αντίστοιχα, βλέπουμε ότι η ακτίνα μπαίνει και στο 4ο στοιχείο του φακού.
Έτσι βλέπουμε ότι χωρίς την χρήση του διαφράγματος εισόδου ανάμεσα στο 2ο και 3ο στοιχείο του φακού σαν τέτοιο λειτουργεί το 1ο στοιχείο.
Άρα για να βρω την μέγιστη διάμετρο του εσωτερικού διαφράγματος θα βρω την εγκάρσια απόσταση για την ίδια ακτίνα όπως πριν, στη θέση όπου το τοποθετώ.
Άρα:

```
>> [1 3.25/2; 0 1] *T2 *[ 1 1.8;0 1]*T1 *[1 500;0 1]*[0 ; 0.016]

ans =

    6.8623
    0.0765
```

**Οπότε, η μέγιστη διάμετρος του εσωτερικού διαφράγματος εισόδου είναι η Dmax = 13.7246mm.**

Για μεγαλύτερη διάμετρο, το ρόλο του εσωτερικού διαφράγματος εισόδου παίζει το 1ο στοιχείο του φακού.

- Οι αντίστοιχες ίριδες θα υπολογιστούν ως εξής:

Για την ίριδα εισόδου θα βρω το είδωλο του διαφράγματος εισόδου σε σχέση με τα 2 στοιχεία του φακού που βρίσκονται αριστερά του διαφράγματος εισόδου.
Για αυτά έχουμε:

```
>> T2* [ 1 1.8 ; 0 1] *T1

ans =

    0.8331    4.5444
    0.0071    1.2388
```

Και h1 = -33.63, h2 = 23.51

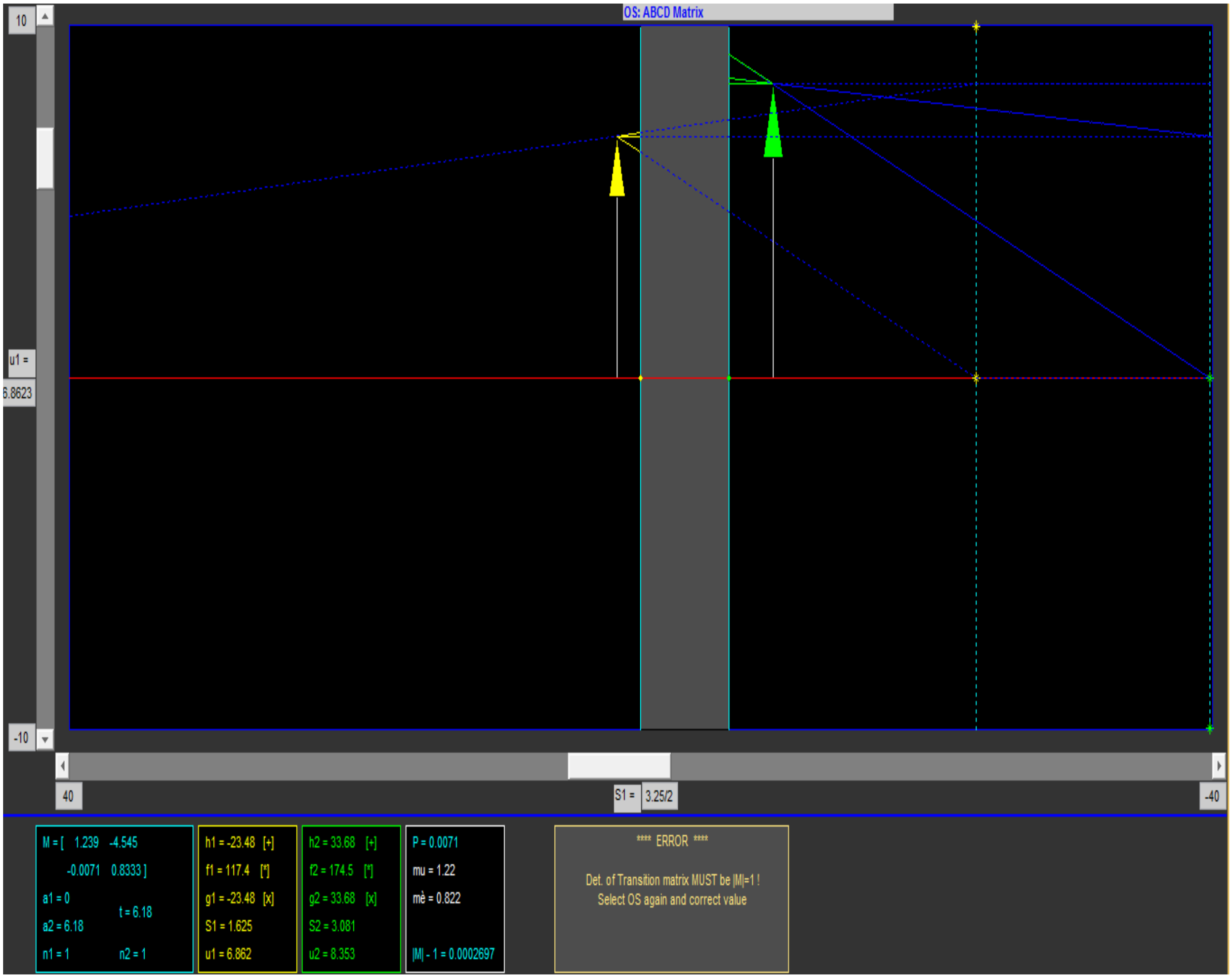
Ο αντίστροφος πίνακας είναι ο εξής:

```
>> inv( [0.8331 4.5444 ; 0.0071 1.2388])

ans =

    1.2391   -4.5454
   -0.0071    0.8333
```

Χρησιμοποιώντας το Ikon (βάζοντας αντίστροφη φορά και χρησιμοποιώντας για S1 το διάφραγμα εισόδου) έχω:




Βλέπω ότι S2 = 3.081 και u2 = 8.353

**Άρα η ίριδα εισόδου βρίσκεται σε απόσταση 3.081mm από την είσοδο του φακού και έχει διάμετρο 16.706 mm.**

Για να βρω την είσοδο εξόδου δουλεύω με αντίστοιχο τρόπο:

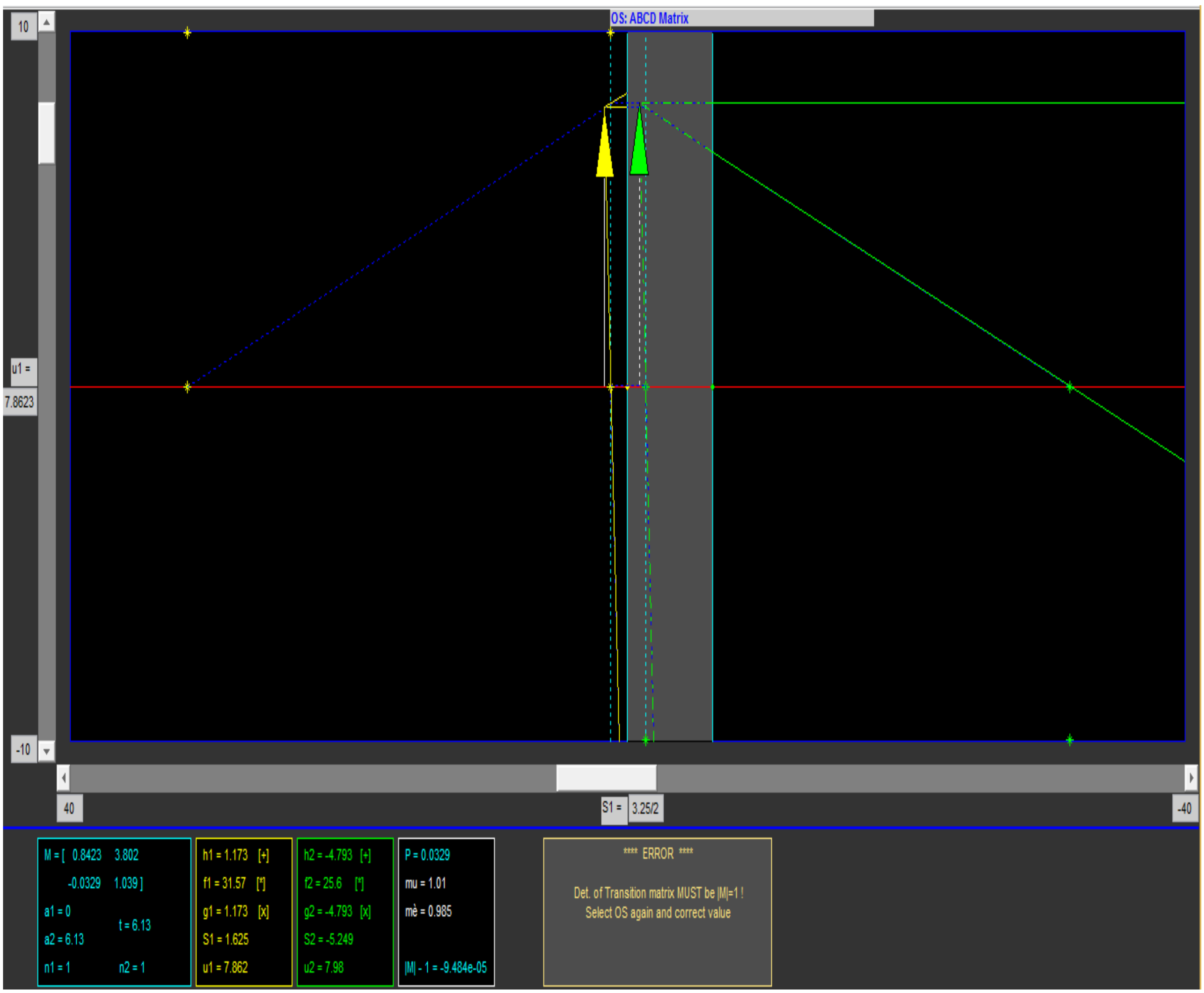
Έχω τον ABCD του 3ου και 4ου στοιχείου:

```
>> T3*T4

ans =

    0.8423    3.8022
   -0.0329    1.0386
```

Με το πρόγραμμα Ikon έχω:



Για την ίριδα εξόδου έχω S2 = -5.249 και u2 = 7.96

**Άρα, η ίριδα εξόδου βρίσκεται 5.249mm αριστερά από την έξοδο του φακού με διάμετρο 15.92mm.**

Το **F- number** είναι f/Den = 1/(P*Den) = 1 / ( 0.0196 * 13.7246) = 3.7174

Το **αριθμητικό άνοιγμα** είναι NA = n *sin(1/2 *θAA)
Για n = 1 και θAA << 1 όμως έχουμε ότι 2*NA = θAA άρα NA =0.016 rad.

- Αν επιθυμούσα μέγιστο f/# = 22 θα είχα Den = f/22 = 1/(0.0196*22)= 2.3191mm.

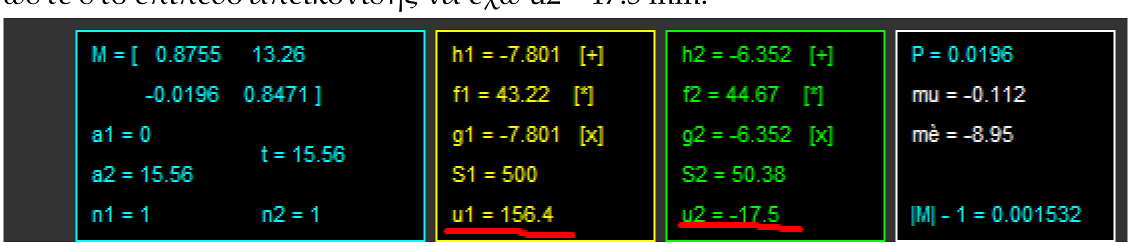
5./

- Η θέση του φίλμ θα είναι στην S2 = 50. 83 . Επειδή όλο το σώμα του σύνθετου φακού μπορεί να κινηθεί θα έχουμε μετακίνηση του όταν θέλουμε να εστιάζουμε στο άπειρο έτσι ώστε το επίπεδο του φιλμ να πέφτει στην f2.
  Για να βρούμε τις μέγιστες διαστάσεις του επιπέδου του φιλμ, βλέπουμε τις ακτίνες που περνάνε από τα όρια του διαφράγματος εισόδου ( u1 = 6.8623 mm, στο επίπεδο του διαφράγματος εισόδου) .
  Στο πρόγραμμα Ikon βλέπω ότι η ακτίνα αυτή στην θέση S2 = 50.83 θα έχει u2 =61 mm.
  **Άρα, οι μέγιστες διαστάσεις του φιλμ είναι 122mm.**

  Είναι λογικό να βγαίνει περισσότερο από 35mm ( που δίνεται στην συνέχεια του ερωτήματος) διότι με την τοποθέτηση του διαφράγματος πεδίου θέλουμε να εξασφαλίσουμε την απεικονίση ειδώλων που θα έχουν καλή φωτεινότητα.

- **Το μέγιστο οπτικό πεδίο** που μπορεί να επιτευχθεί θα το έχω όταν θα εστιάζω στο άπειρο, αφού το γωνιακό άνοιγμα το οποίο βλέπει στο επίπεδο παρατήρησης (άπειρο) είναι το μέγιστο.
  Το παράθυρο εξόδου βρίσκεται στο επίπεδο απεικόνισης το οποίο τώρα βρίσκεται στο δεύτερο εστιακό επίπεδο (εφ'όσον εστιάζουμε στο άπειρο). Το παράθυρο εξόδου συμπίπτει με το διάφραγμα εξόδου και άρα έχει διάμετο 35mm.
  Το παράθυρο εισόδου βρίσκεται στο επίπεδο παρατήρησης, άρα στο άπειρο.Για το παράθυρο εισόδου θεωρούμε ότι έχει άπειρη διάμετρο, εφόσον βρίσκεται στο άπειρο.

- **Το ελάχιστο οπτικό πεδίο** που μπορεί να επιτευχθεί θα το έχω όταν το επίπεδο παρατήρησης θα βρίσκεται στα 500mm (0.5m).
  Το παράθυρο εισόδου βρίσκεται στο επίπεδο παρατήρησης και έχει διάμετρο που υπολογίζεται ως εξής:
  Στο πρόγραμμα Ikon σχηματίζω το Ο.Σ. του φακού Tessar. Στην θέση του επιπέδου παρατήρησης βάζω την απαραίτητη εγκάρσια απόσταση u1 από τον οπτικό άξονα έτσι ώστε στο επίπεδο απεικόνισης να έχω u2 = 17.5 mm.



Τελικά βγαίνει ότι η διάμετρος του παράθυρου είναι 312.8mm (δηλαδή υπολόγισα u1 = 156.4mm).
Το παράθυρο εξόδου βρίσκεται στο επίπεδο απεικόνισης το οποίο τώρα είναι στην θέση 50.83mm από την έξοδο του οπτικού συστήματος όπως υπολογίστηκε προηγουμένως ενώ η διάμετρος του είναι 35mm.

Το οπτικό πεδίο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\tan\left(\frac{1}{2}F_t\right) = \frac{a+b}{d_p}$$

Όπου a = 156.4 mm (το ύψος του παράθυρου εισόδου), b = 8.353 mm ( το ύψος της ίριδας εισόδου) και dp= 500 - 3.081 = 496 .919 (η απόσταστη μεταξύ παραθύρου και ίριδας).

Τελικά, Ft = 36.67 μοίρες .

6./ Η επιτρεπτή διάμετρος που μπορεί να εκλειφθεί κατά προσέγγιση σαν σημείο είναι 30μm.

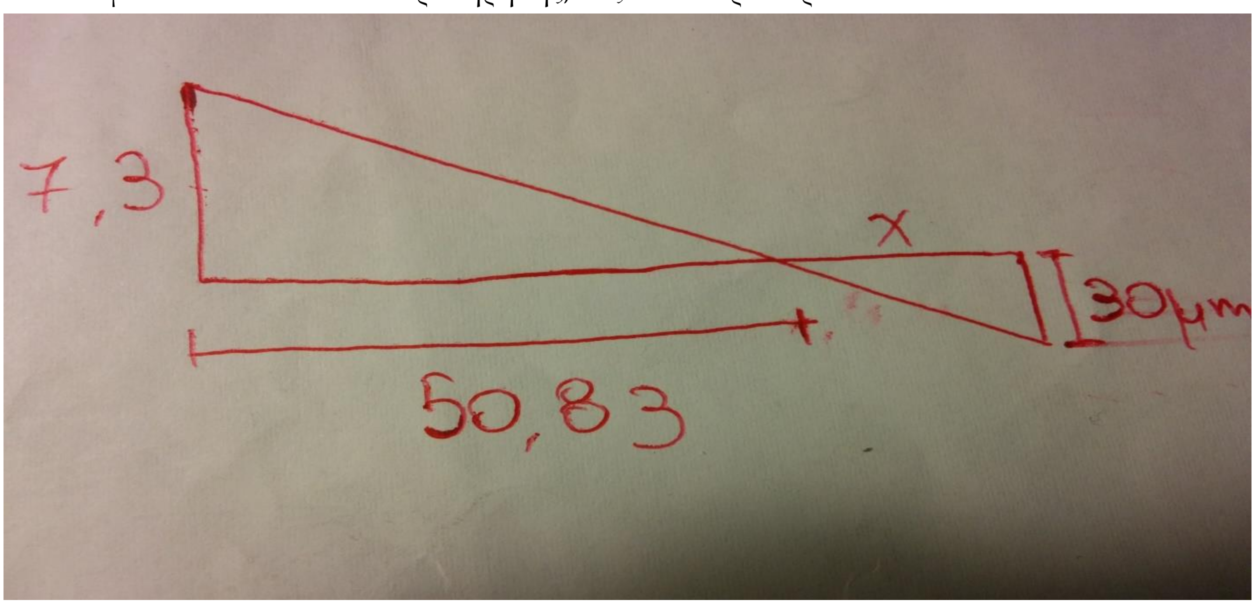
- Για το πλησιέστερο δυνατό σημείο έχω:

  Μεγέθυνση = -0.0112 ( με το πρόγραμμα Ikon)

  Για το βάθος εστίασης θα βρω την απόσταση από το επίπεδο παρατήρησης για την οποίο θα έχω εγκάρσια μεγέθυνση μικρότερη από 30 μm, για ακραίες ερχόμενες ακτίνες.
  Από το ερώτημα 4 βρήκα ότι λόγω του διαφράγματος εισόδου οι ακτίνες δε θα βγαίνουν από το 4ο στοιχείο του φακού με μεγέθυνση μεγαλύτερη από 7.3mm.Άρα, σύμφωνα με το σχήμα και λόγω των ομοίων τριγώνων θα έχω:

  50.83/x =7.3/0.03

  Άρα x = 210 μm.
  Οπότε το βάθος εστίασης θα είναι όλη η περιοχή που απέχει απόσταση μικρότερη από 210μm από το επίπεδο παρατήρησης, δεξιά και αριστερά από αυτό .



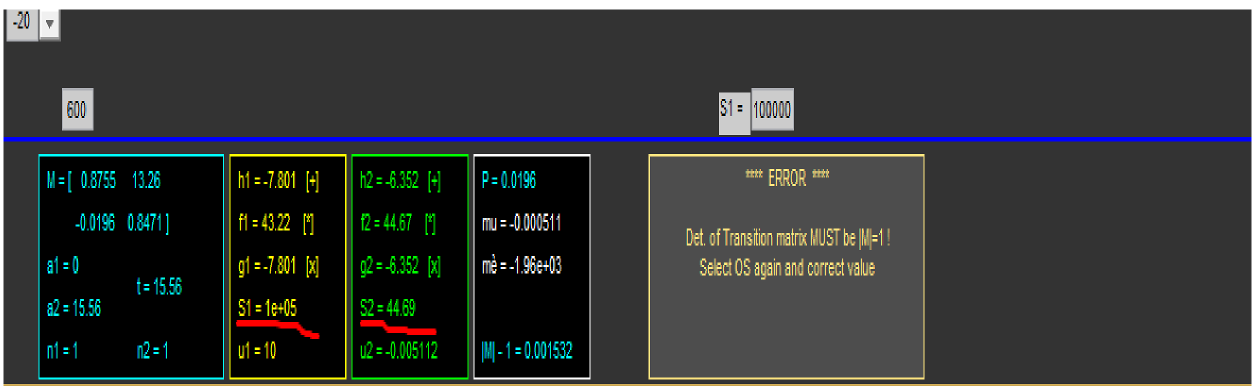

  Οι διαστάσεις 50.83 και 7.3 είναι σε mm.

  Για τον υπολογισμό του βάθος πεδίου βρίσκουμε τα είδωλα των ακραίων σημείων του βάθος εστίασης ως προς το Ο.Σ. ( είτε με το πρόγραμμα Ikon είτε με την συνθήκη σχηματισμού ειδώλου).

- Για το άπειρο έχω:

  Μεγέθυνση = 0 ( με το πρόγραμμα Ikon)
  Με παρόμοιο τρόπο όπως και πριν βγαίνει ότι το βάθος εστίασης θα είναι η περιοχή που απέχει απόσταση μικρότερη ή ίση 190 μm από το σημείο παρατήρησης που τώρα είναι η δεύτερη εστιακή απόσταση του οπτικού συστήματος.
  Τα σημεία αριστερά της δεύτερης εστιακής απόστασης προκύπτουν από φανταστικό αντικείμενο διότι τότε οι ακτίνες που εισέρχονται στο οπτικό σύστημα αποκλίνουν.
  Για το βάθος πεδίου υπολογίζουμε τα είδωλα των ακραίων σημείων του βάθους εστίασης ως προς το οπτικό σύστημα.

- Η απόσταση στην οποία θα πρέπει να εστιάσω τον φακό, ώστε όλα τα σημεία από αυτήν μέχρι το άπειρο να φωτογραφίζονται καθαρά είναι αυτή για την οποία θεωρούμε ότι εστιάζουμε στο άπειρο. Με το πρόγραμμα Ikon φαίνεται ότι για S1 = 100m το είδωλο σχηματίζεται στην δεύτερη εστιακή απόσταση.
  Άρα για S1=100 m και πέρα θα έχουμε όλα τα σημεία φωτογραφισμένα καθαρά.
  Αυτό σημαίνει ότι η απόσταση S1 θεωρούμε πως είναι το άπειρο.



7./ Γιατί

1) $\pm 30°$ ;
Διότι στα πλαίσια της γκαουσιανής οπτικής θέλουμε μικρό τμήμα των επιφανειών, έτσι ώστε να έχουμε προσσέγισση άπειρης εγκάρσιας διάστασης για τις διαμέτρους. Όσο πιο μικρό είναι αυτό το τόξο τόσο πιο αμελητέες είναι και οι εκτροπές – αποκλίσεις των αποτελεσμάτων που βρίσκουμε στην γκαουσιανή οπτική από την πραγματικότητα.
2) $\pm 15°$ ;
Διότι στα πλαίσια της γκαουσιανής οπτικής θέλουμε μικρές γωνίες. Οι 15 μοίρες = π/12 είναι ικανοποιητικό νούμερο μιας και ισχύει ότι:

$$sin\theta \cong \theta \,\&\, cos\theta \cong 1$$

Αυτό κι εδώ έχει σαν αποτέλεσμα να έχουμε μικρές εκτροπές-αποκλίσεις από την πραγματικότητα και ο φακός να λειτουργεί έτσι όπως θέλουμε.
3) $f/\# = 22$ ;
Το συγκεκριμένο νούμερο χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε να έχουμε καλή ποιότητα στα σημεία που θέλουμε να φωτογραφισούμε. Όσο πιο μεγάλος είναι ο F-number, τόσο μικρότερο είναι το άνοιγμα του διαφράγματος για δεδομένη εστιακή απόσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερο οπτικό πεδίο αλλά να έχουμε καλύτερη ποιότητα στα σημεία που φωτογραφίζουμε, δηλαδή να είναι πιο ευκρινές το είδωλο.
4) $35mm$ ;
Είναι από τα πιο συνηθισμένα πλάτη φιλμ διότι μας δίνει καλή ποιότητα στα είδωλα που φωτογραφίζουμε. Όπως είδαμε και στην ανάλυση του ερωτήματος 5 αν χρησιμοποιούσαμε μόνο το διάφραγμα εισόδου θα είχαμε στο επίπεδο παρατήρησης πολύ μεγαλύτερη διάσταση από αυτή των 35mm. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να φωτογραφίζονται περισσότερα αντικείμενα αλλά με λιγότερη φωτεινότητα, κάτ που δεν είναι θεμιτό.
Οπότε η διάσταση αυτή, μας εφασφαλίζει πως όλα τα είδωλα που θα σχηματίζονται θα έχουν καλή φωτεινότητα.
5) $30\mu m$ ;
Διότι έχει παρατηρηθεί ότι αυτό το μέγεθος είναι η διακριτική ικανότητα του ματιού.