



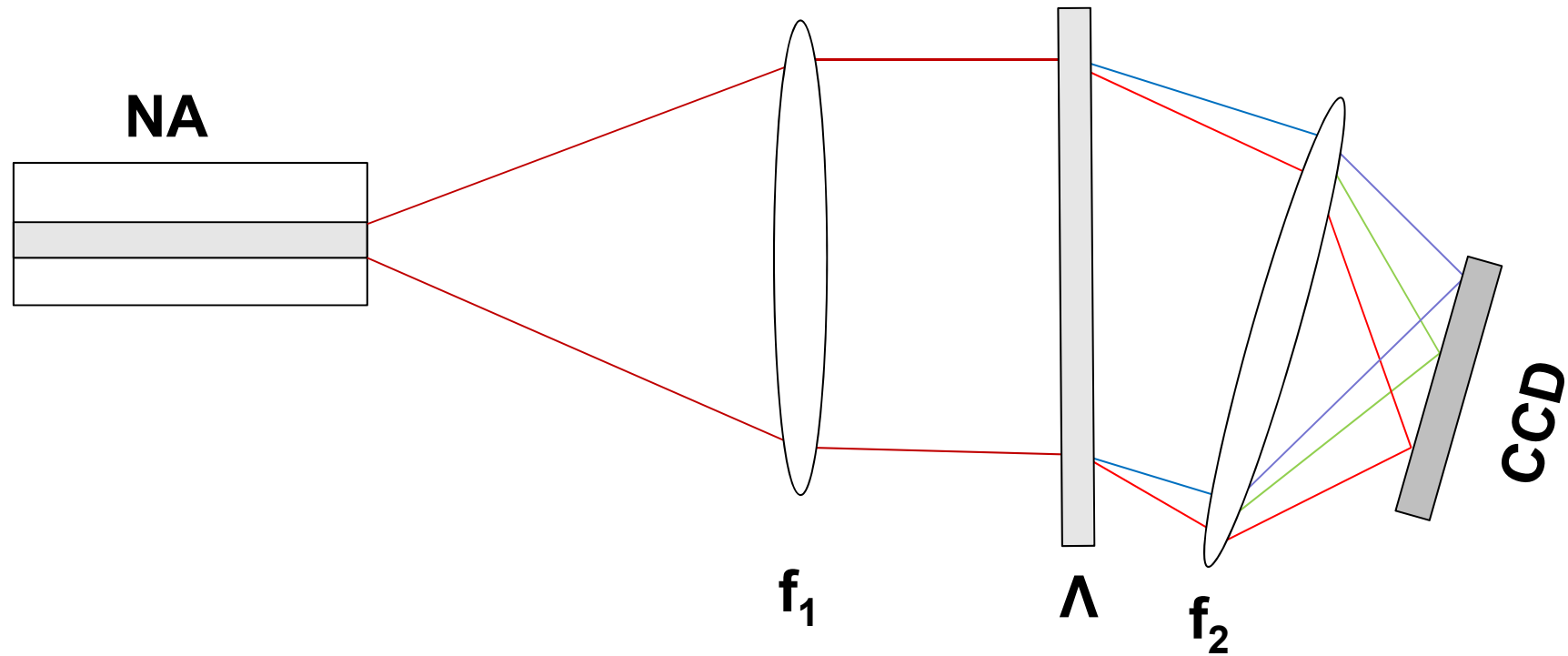
Σχεδιασμός Οπτικών Συστημάτων (Φασματοσκοπία)

Παράδειγμα 1

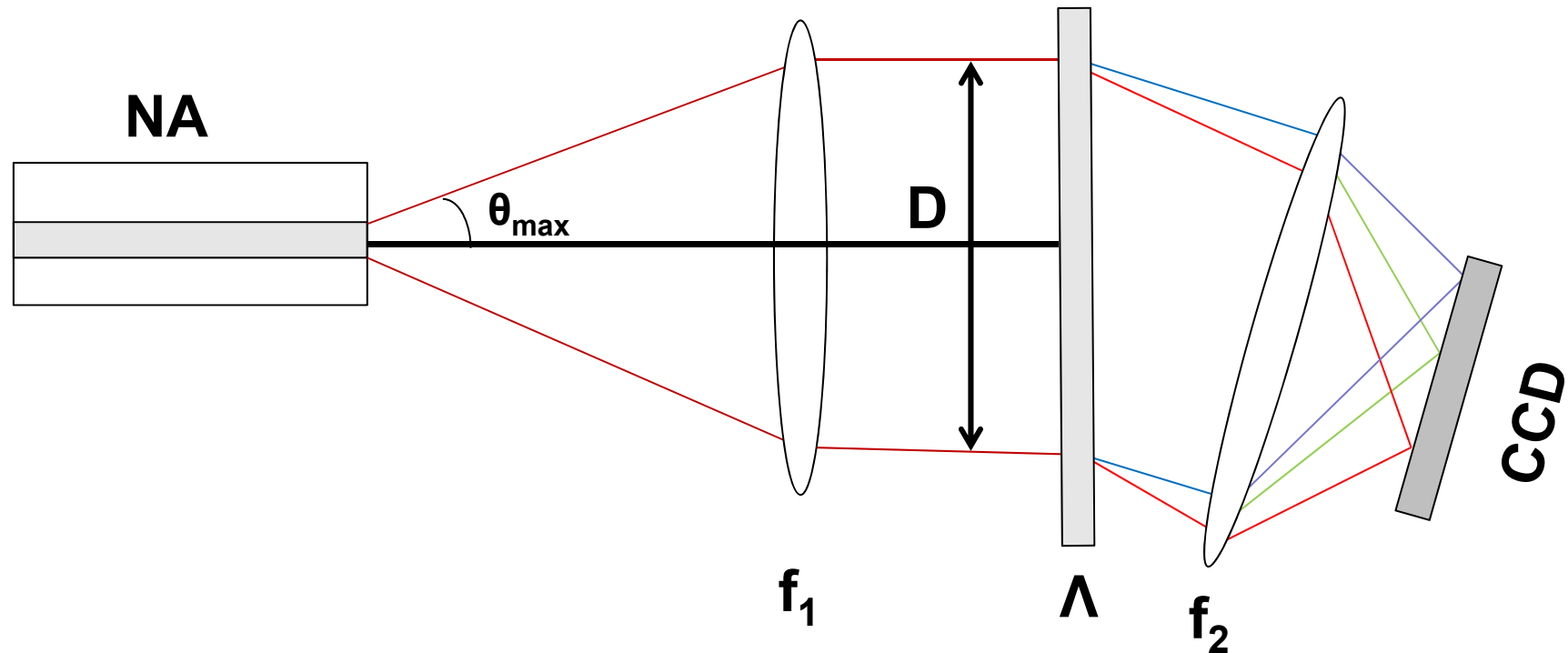


- Μια οπτική ίνα, με διάμετρο πυρήνα 200 μm και NA 0.4, μεταφέρει το ανακλώμενο φως από τον ιστό όπου και πρέπει να γίνει φασματική ανάλυση του από 450 μέχρι 650 nm. Έχετε στη διάθεση σας αχρωματικούς φακούς εμπορίου (διάμετροι 12.5, 25, και 50 mm και εστιακές αποστάσεις 25.4, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 75, 80, 100 mm.) Διαθέτετε επίσης ένα πλέγμα μετάδοσης, με 300 γραμμές/mm και διαστάσεις 25x25 mm, και μια κάμερα με 2048 pixels διαστάσεων 14x56 (π x υ) μm . Σχεδιάστε ένα απλό φασματογράφο που θα σας δίνει τη μεγαλύτερη δυνατή φασματική ευκρίνεια και τη καλύτερη δυνατή αποδοτικότητα.

Παράδειγμα 1



Παράδειγμα 1

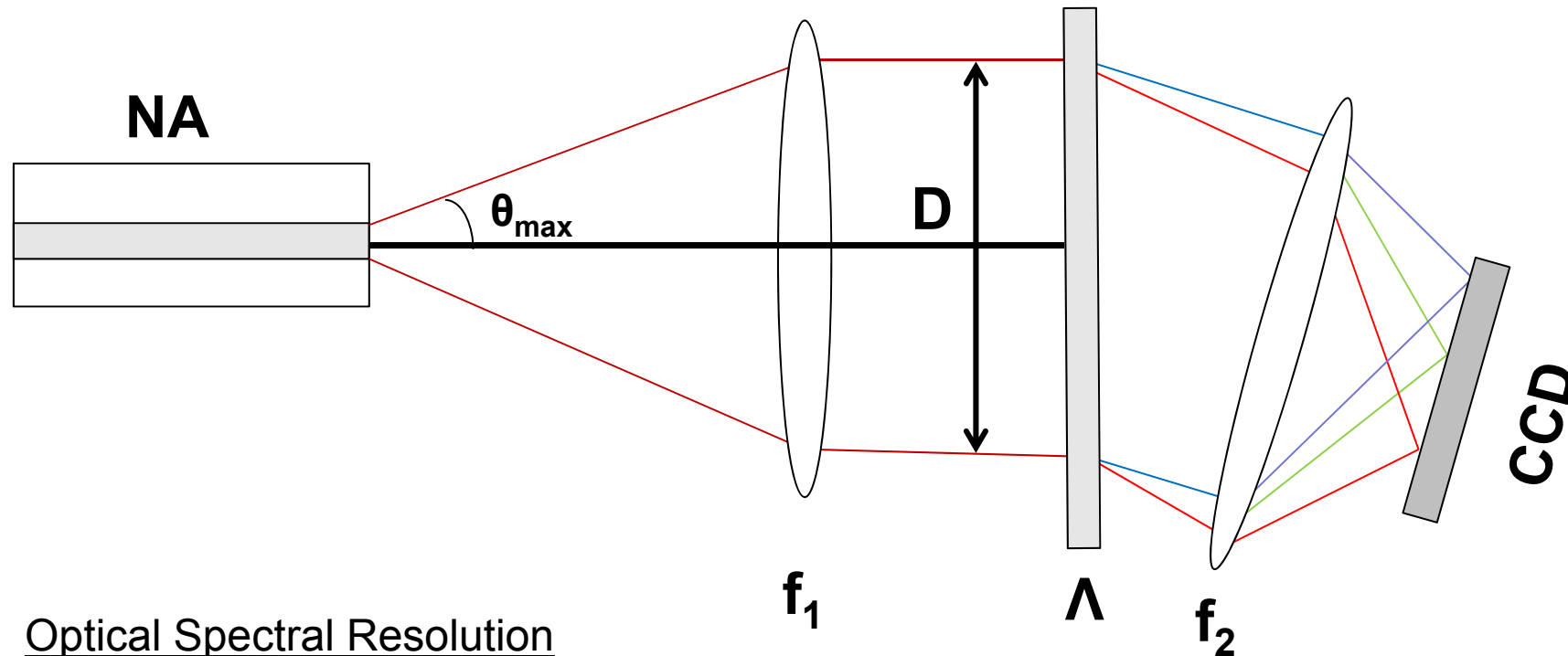


$$\theta_{\max} = \sin^{-1}(NA) = \sin^{-1}(0.4) = 23.5781\text{deg}$$

$$\frac{D}{2f_1} = \tan(\theta_{\max}) \Rightarrow f_1 = \frac{D}{2 \tan(\theta_{\max})} = 28.64 \approx 25.4\text{mm}$$

$$D = 2f_1 \tan(\theta_{\max}) = 22.171\text{mm}$$

Παράδειγμα 1

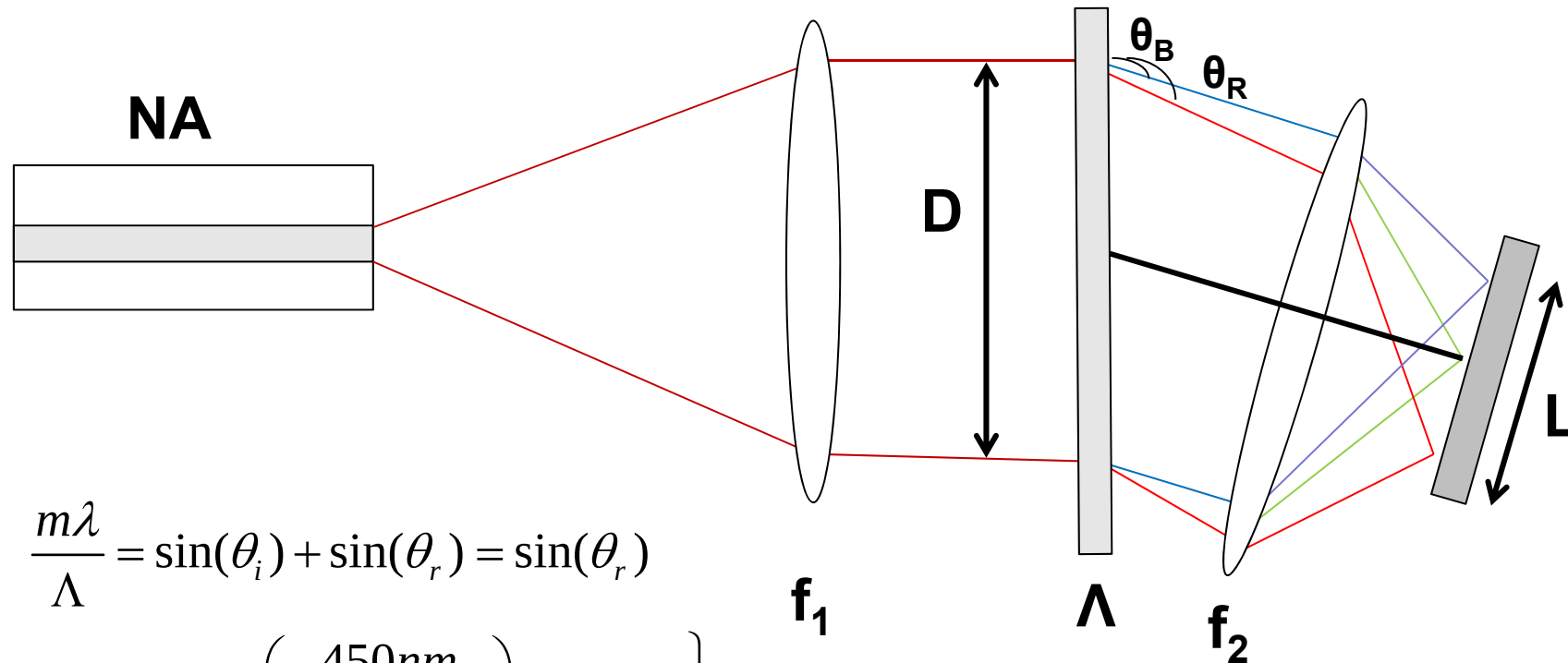


Optical Spectral Resolution

$$\delta\lambda = \frac{\lambda\Lambda}{D} = \frac{550nm(1/300)mm}{22.171mm} = 0.0752nm$$

$$\text{Number of Resolvable } \lambda s = \frac{\Delta\lambda}{\delta\lambda} = \frac{200nm}{0.0752nm} = 2659.6$$

Παράδειγμα 1

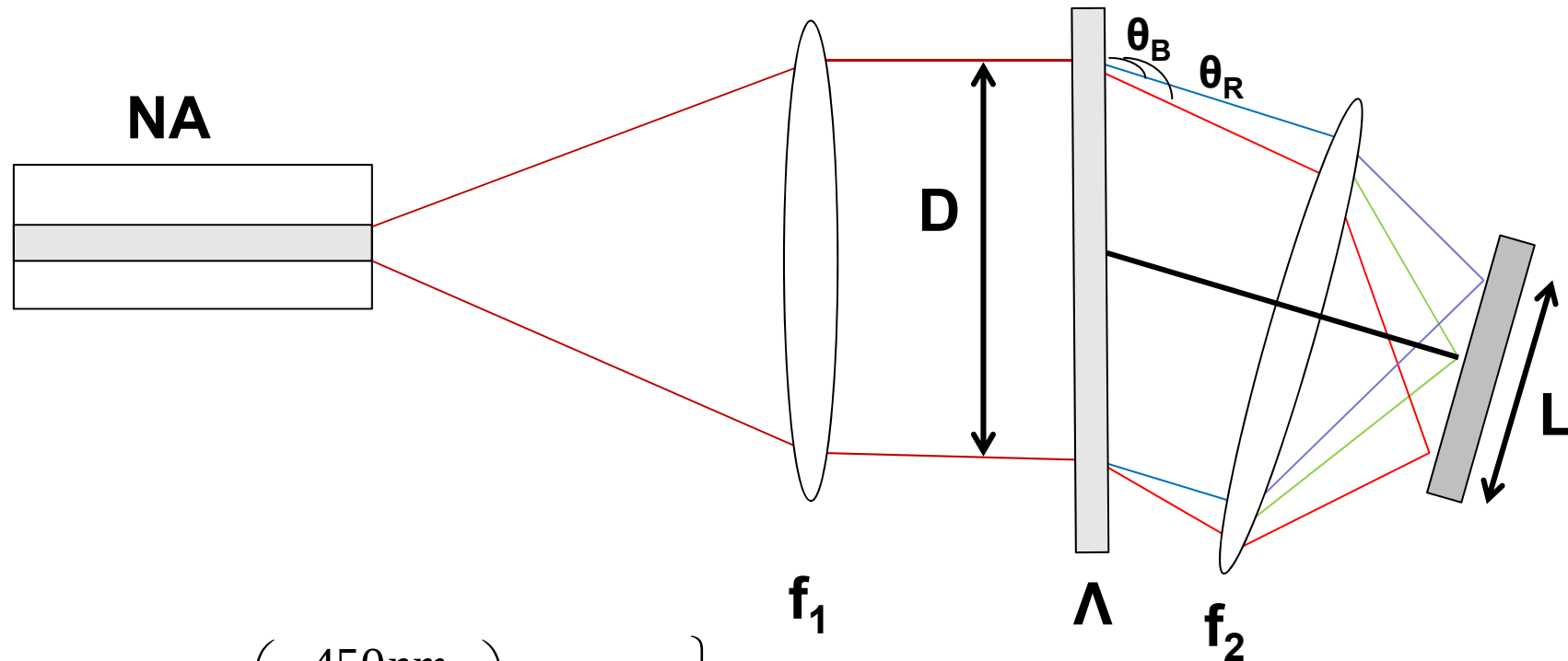


$$\frac{m\lambda}{\Lambda} = \sin(\theta_i) + \sin(\theta_r) = \sin(\theta_r)$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_{450} &= \sin^{-1}\left(\frac{450nm}{1/300mm}\right) = 7.759 \\ \theta_{650} &= \sin^{-1}\left(\frac{650nm}{1/300mm}\right) = 11.245 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\theta = 3.486 \text{ deg}$$

$$L = 2 f_2 \tan\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right) \Rightarrow f_2 = \frac{2048 \times 14 \mu m}{2 \tan(1.743)} = 471.106 mm$$

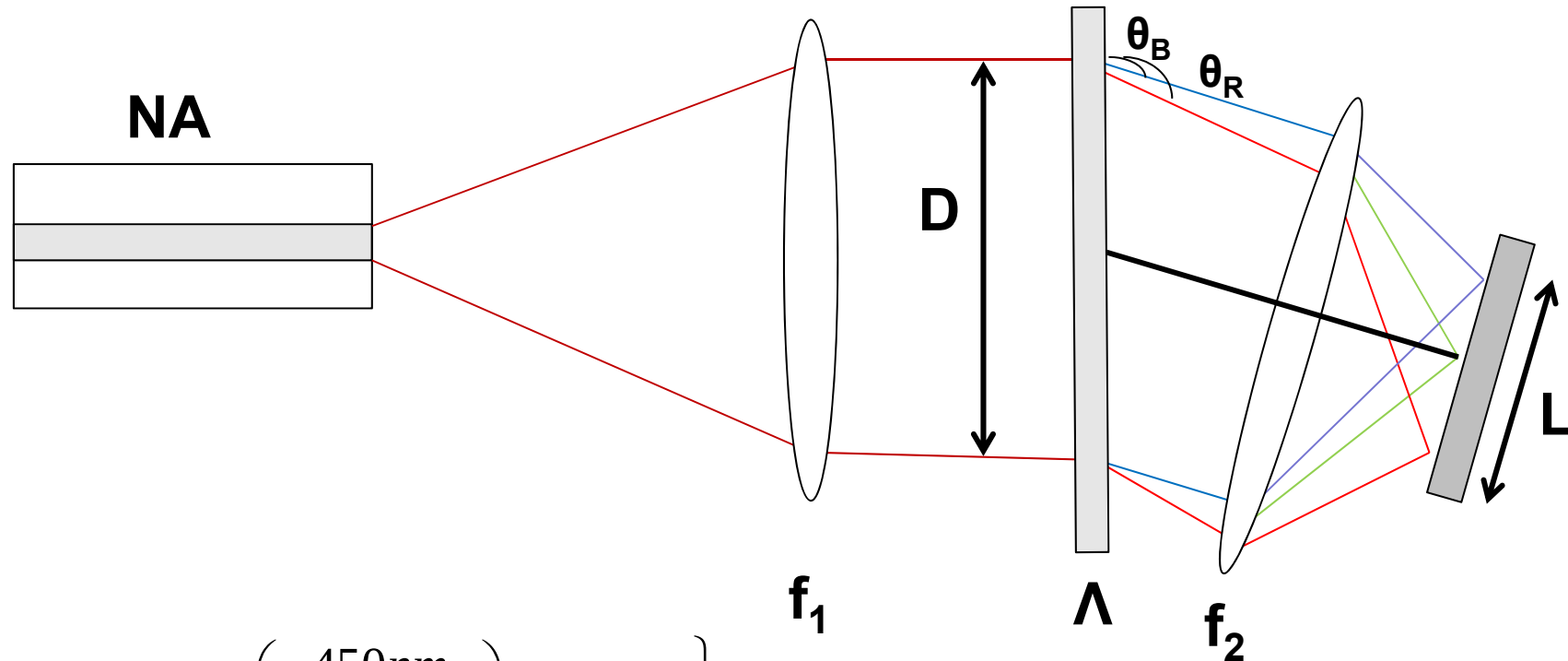
Παράδειγμα 1



$$\left. \begin{aligned} \theta_{450} &= \sin^{-1} \left(\frac{450nm}{1/600mm} \right) = 15.664 \\ \theta_{650} &= \sin^{-1} \left(\frac{650nm}{1/600mm} \right) = 22.954 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\theta = 7.29 \text{ deg}$$

$$f_2 = \frac{2048 \times 14 \mu m}{2 \tan(3.645)} = 225.043mm$$

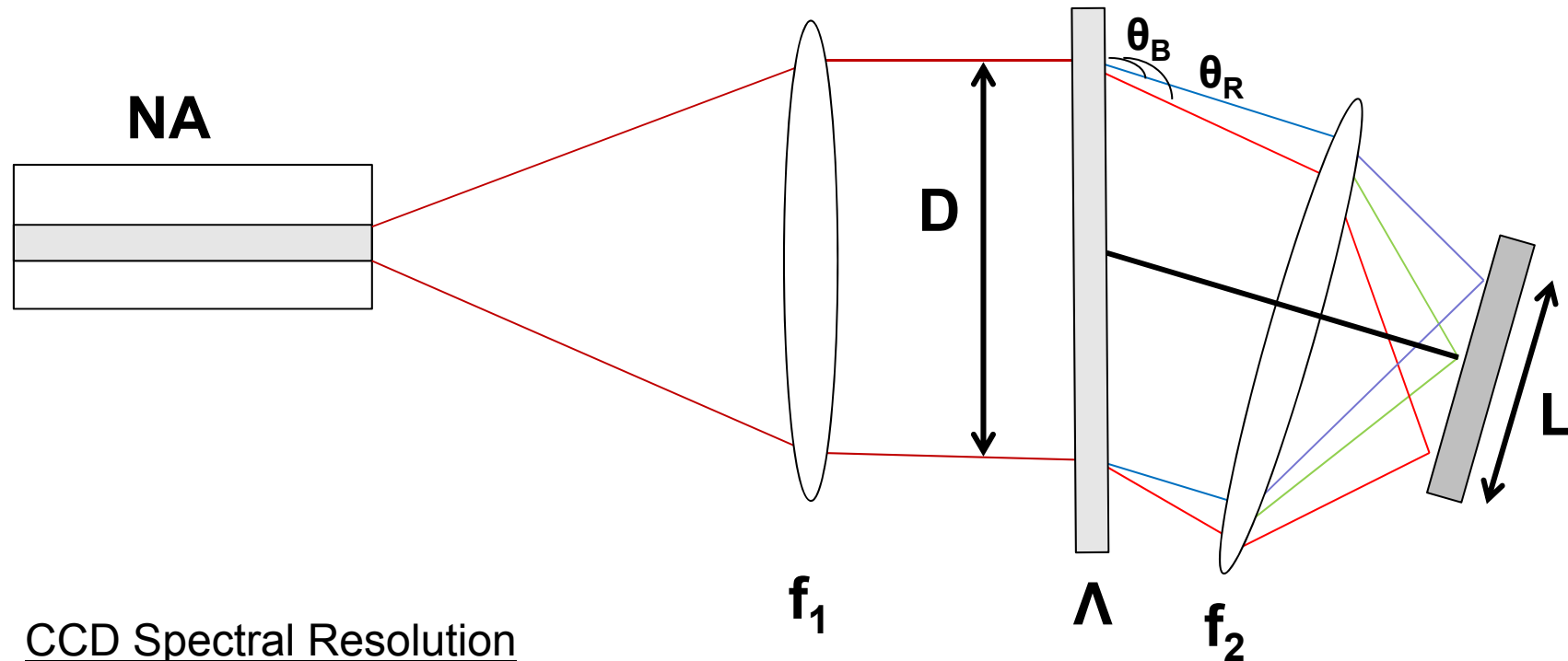
Παράδειγμα 1



$$\left. \begin{aligned} \theta_{450} &= \sin^{-1} \left(\frac{450nm}{1/830mm} \right) = 21.932 \\ \theta_{650} &= \sin^{-1} \left(\frac{650nm}{1/830mm} \right) = 32.650 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\theta = 10.708\text{deg}$$

$$f_2 = \frac{2048 \times 14 \mu m}{2 \tan(5.354)} = 152.97 \approx 150mm$$

Παράδειγμα 1

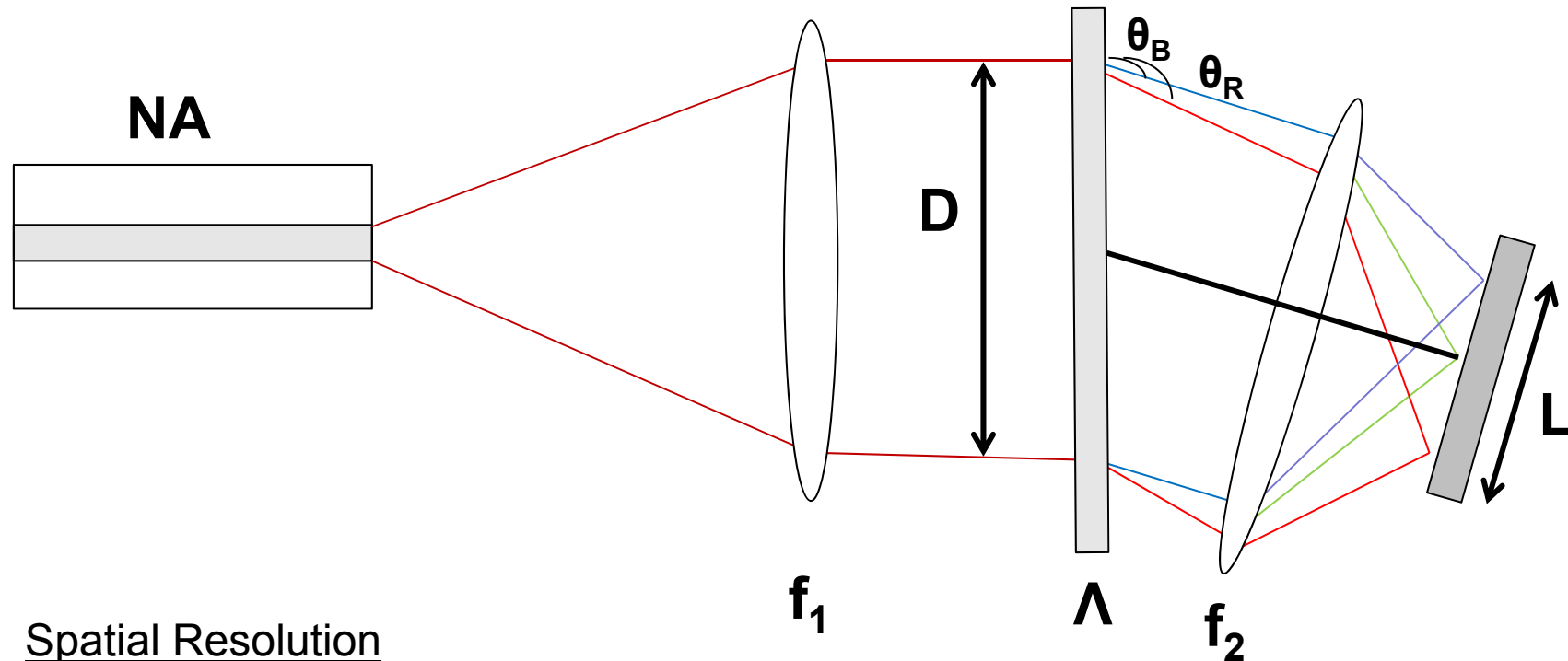


CCD Spectral Resolution

$$L = 2 f_2 \tan\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right) = 2 \times 150 \times \tan(5.354) = 28.115 \text{ mm}$$

$$\delta\lambda = \frac{200 \text{ nm}}{\frac{2048}{2} \frac{28.115}{2048 \times 14 \mu\text{m}}} = 0.2 \text{ nm}$$

Παράδειγμα 1



Spatial Resolution

$$\delta x = \frac{2.44 \times 150 \times 550 \text{ nm}}{22.171 \text{ mm}} = 9.08 \mu\text{m}$$

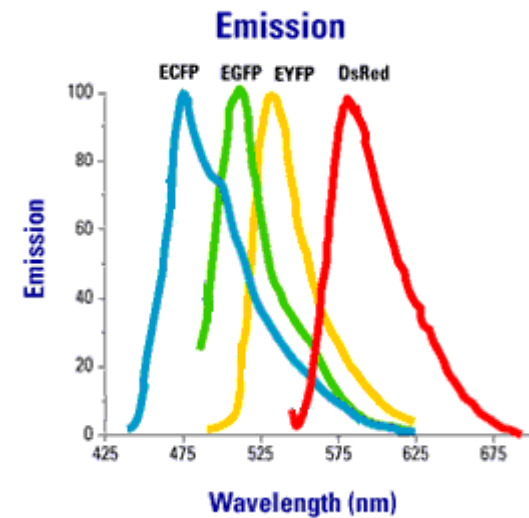
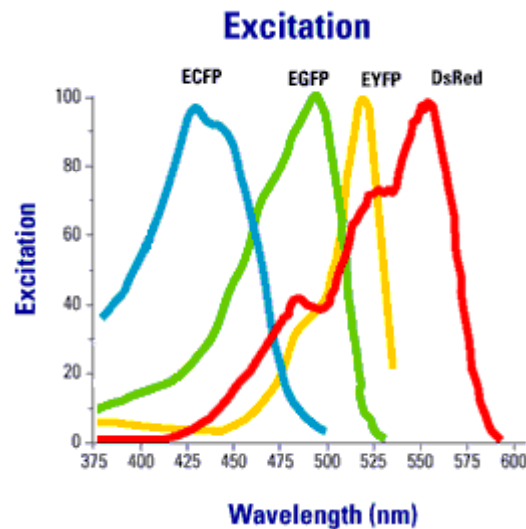
$$\text{Number of Spots} = \frac{28.115 \text{ mm}}{9.08 \mu\text{m}} = 3096$$

The spatial resolution of the second lens is ok.

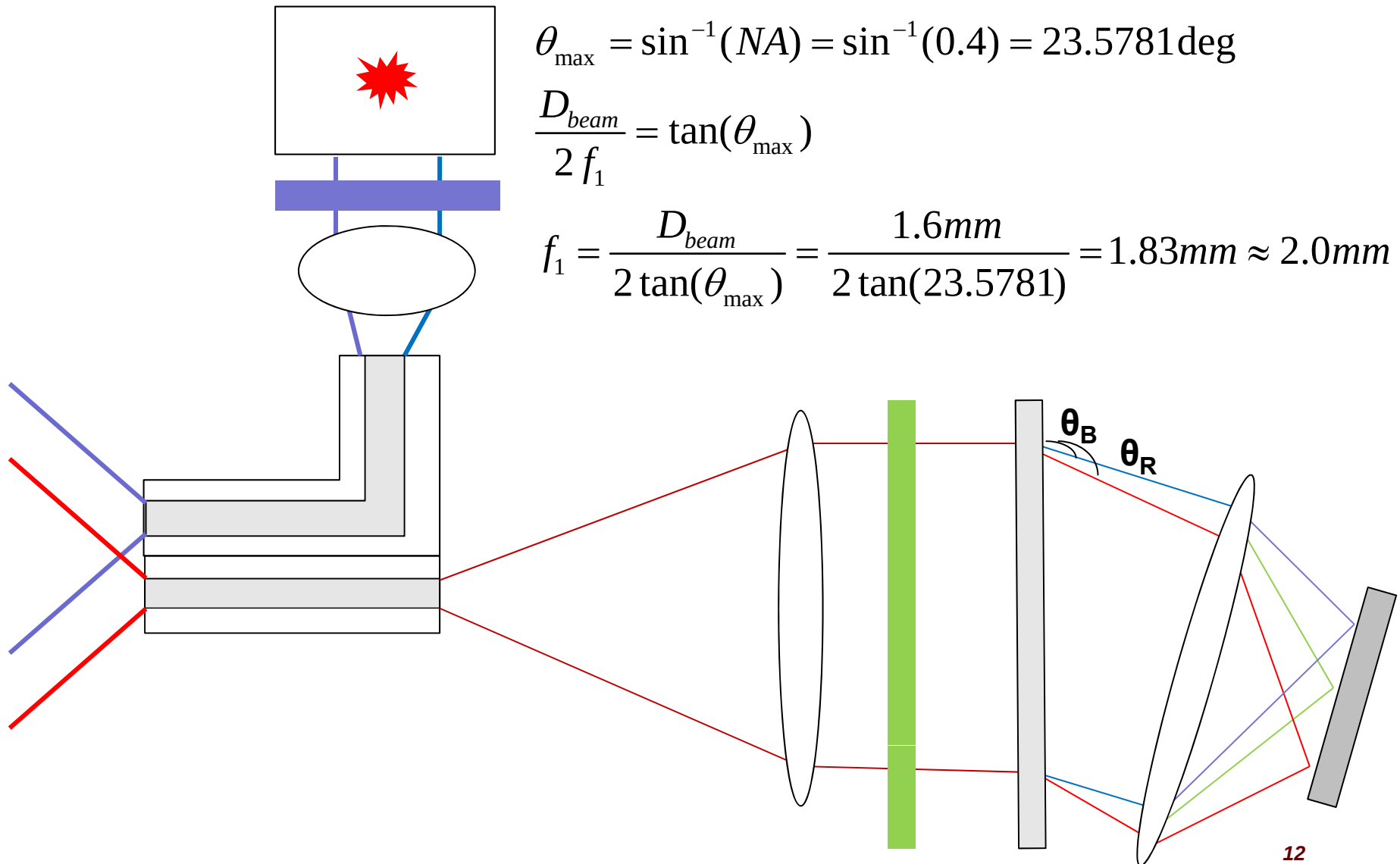
Παράδειγμα 2



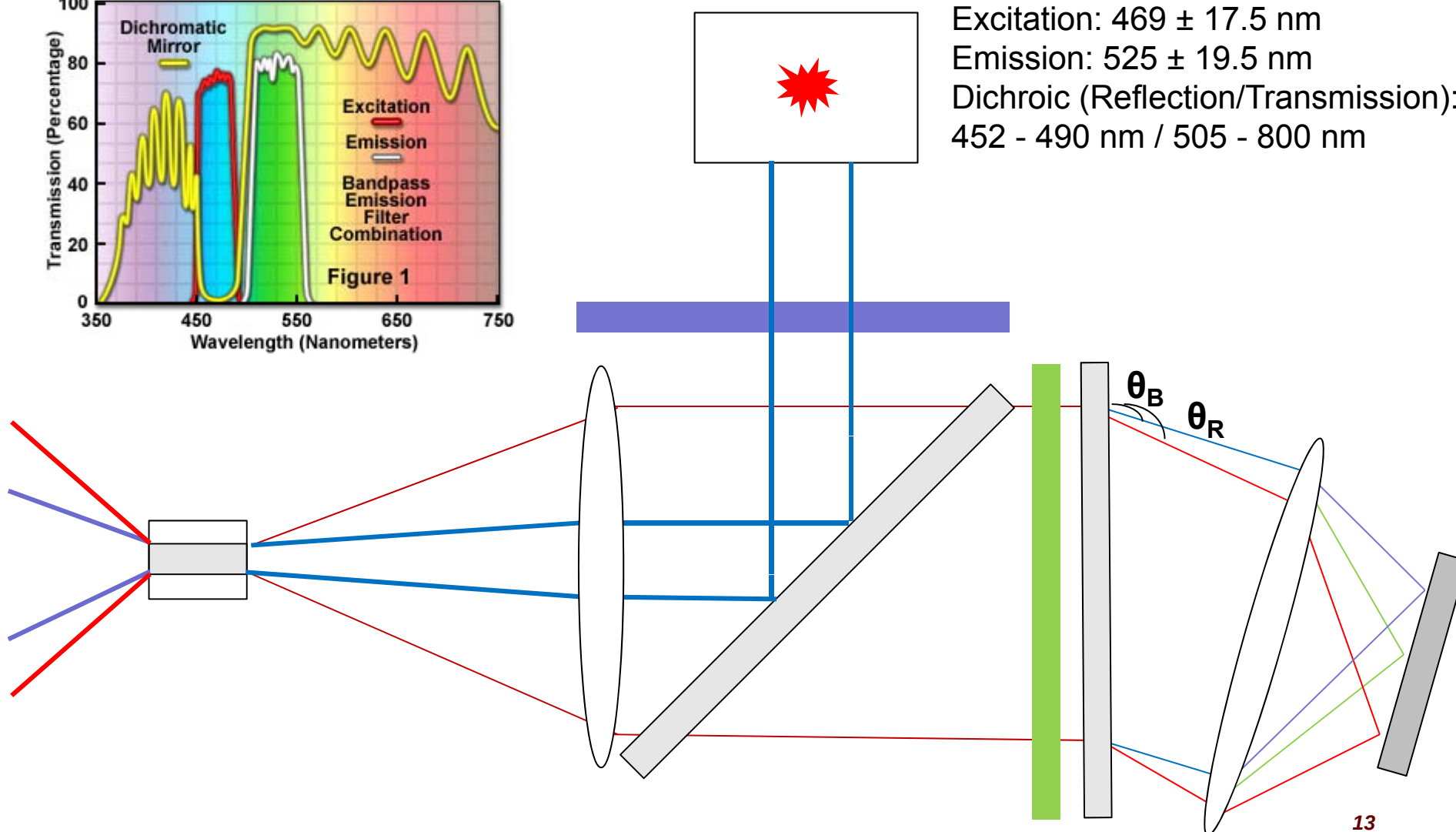
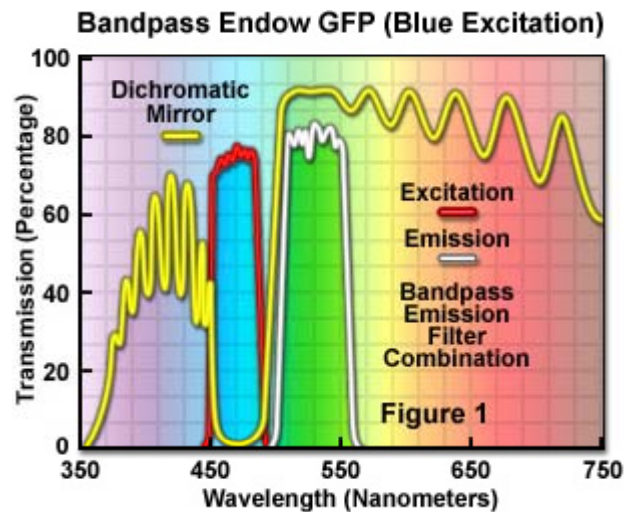
- Πως θα πρέπει να τροποποιήσετε το προηγούμενο σύστημα ώστε να βλέπει το φάσμα φθορισμού από πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (green fluorescent protein – GFP);
- Πως θα γίνει η διέγερση; Μπορεί να γίνει με μια οπτική ίνα;



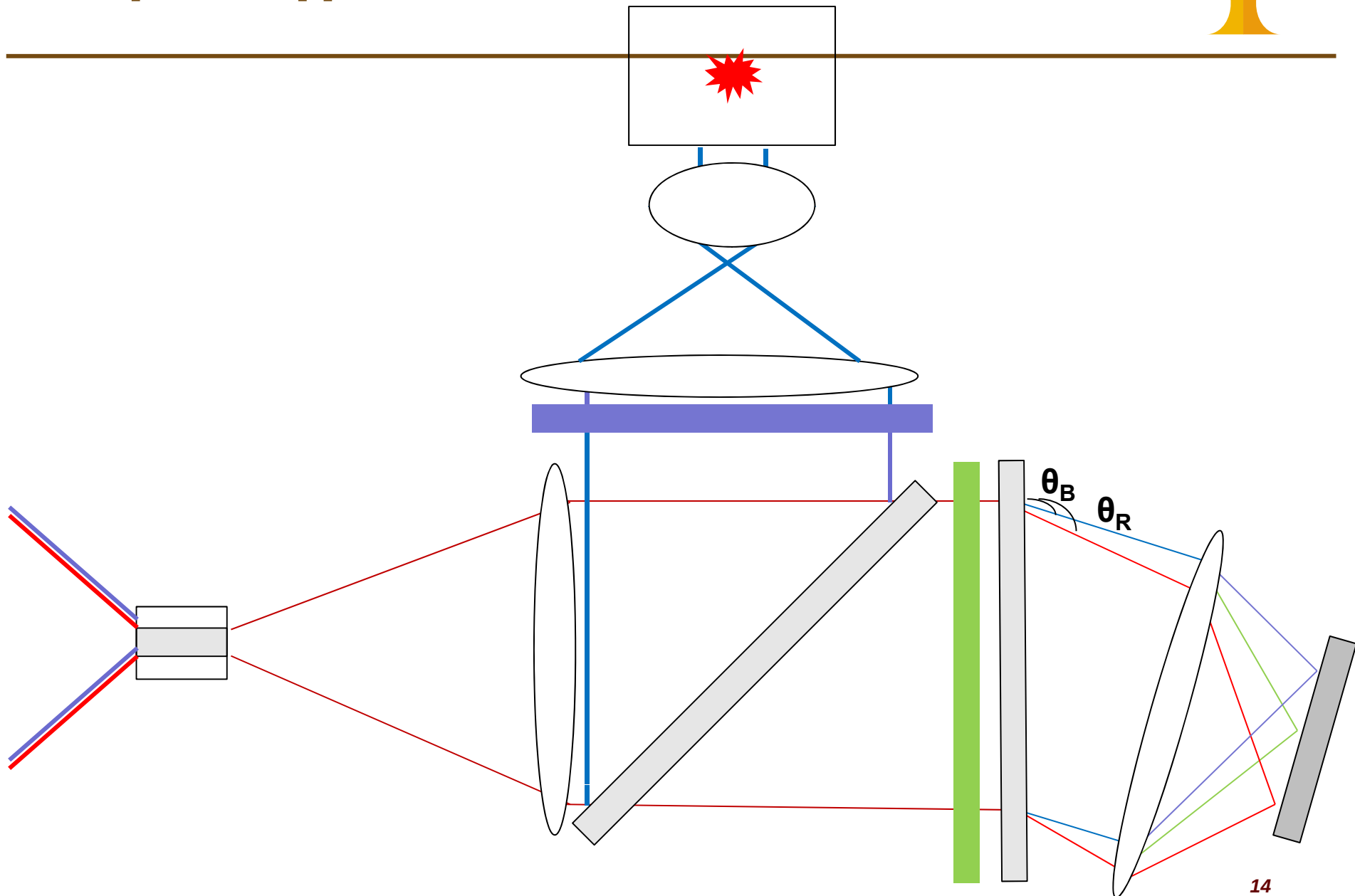
Παράδειγμα 2



Παράδειγμα 2



Παράδειγμα 2

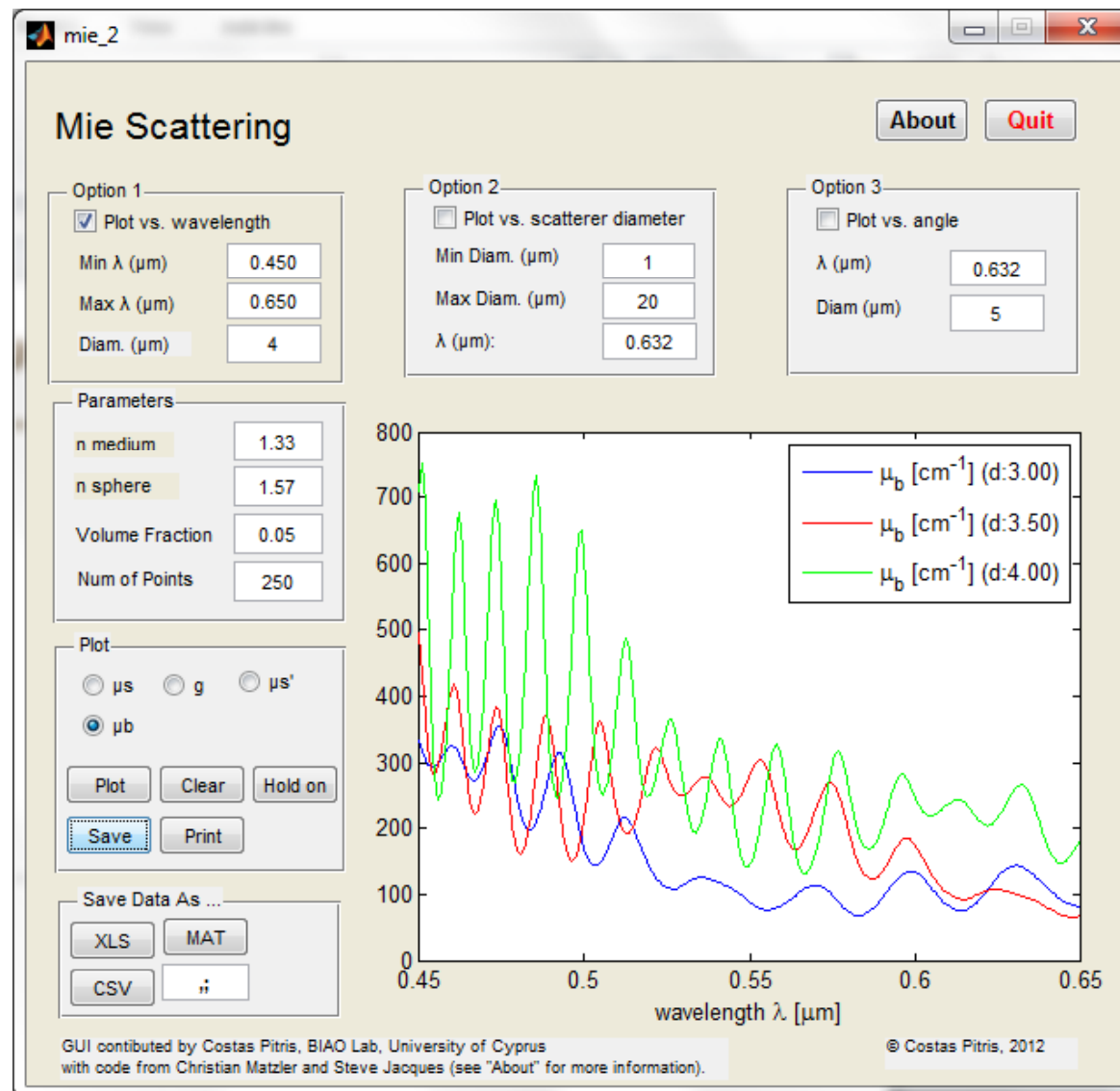


Παράδειγμα 3

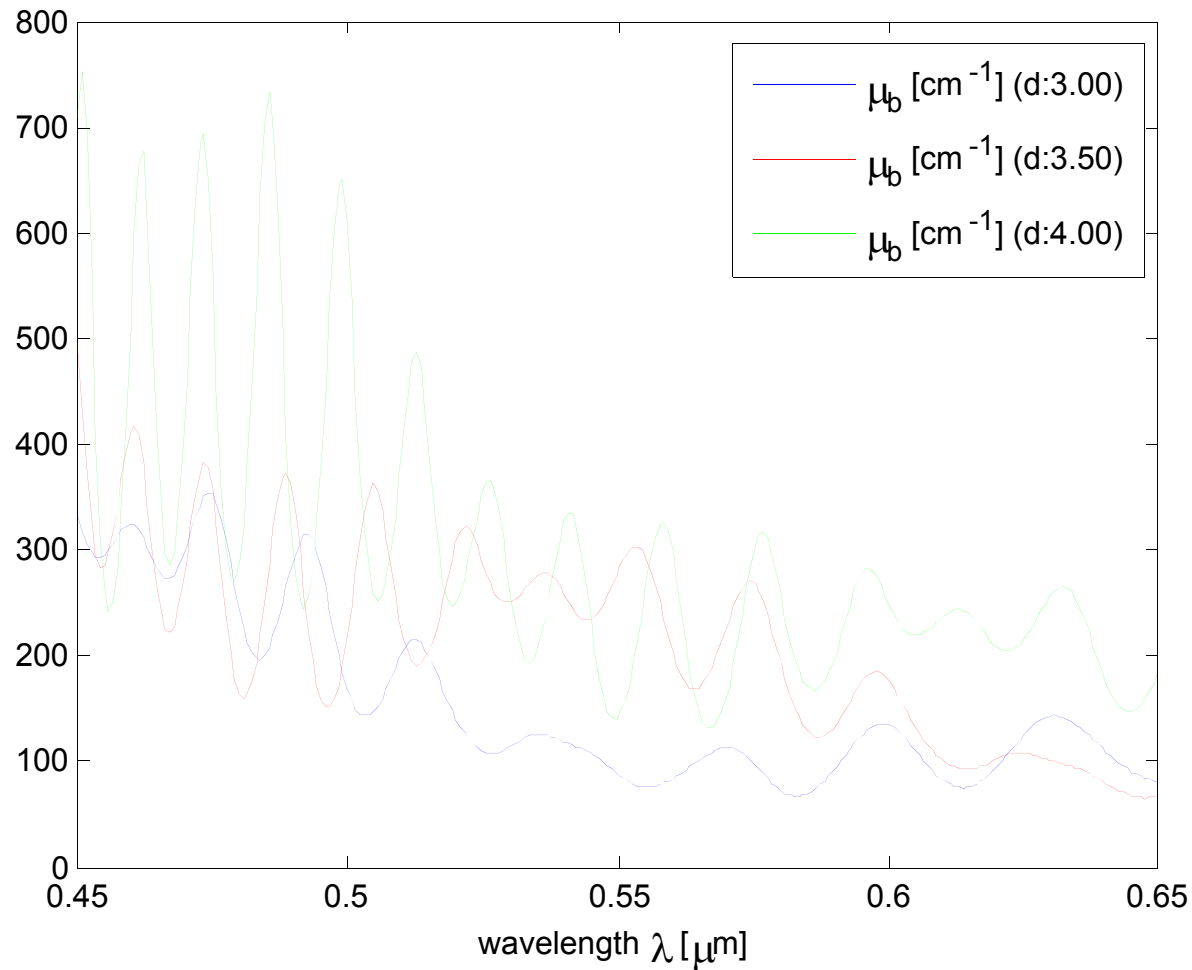


- Ένα σύστημα φασματοσκοπίας σκέδασης κατασκευάζεται για να μπορεί να διαχωρίζει καρκινικούς από φυσιολογικούς ιστούς από το φάσμα του φωτός που επιστρέφει πίσω προς τον ανιχνευτή (ισθοσκέδαση). Στους φυσιολογικούς ιστούς, οι πυρήνες των κυττάρων είναι 3 μm . Στους καρκινικούς κυμαίνονται από 3 στα 3.5 (low grade) και στα 4 μm (high grade). Ο δείκτης διάθλασης των πυρήνων είναι 1.57 και του κυτταροπλάσματος είναι 1.33. Πόση πρέπει να είναι η φασματική ευκρίνεια του συστήματος για να μπορεί να διακρίνει αυτές τις τρεις κατηγορίες αν ισχύει η πιο κάτω σχέση:

Παράδειγμα 3



Παράδειγμα 3



Περίοδος

$$d = \begin{matrix} 3 \mu\text{m} \\ 3.5 \\ 4 \end{matrix} \rightarrow T = \begin{matrix} 18 \text{ nm} \\ 17 \\ 14 \end{matrix}$$

$$\text{Ευκρίνεια} = 1\text{nm}/2 = 0.5 \text{ nm}$$

Συνήθως είναι καλύτερα να μην είναι ακριβώς στο όριο Nyquist

$$\text{Ευκρίνεια} = 1\text{nm}/8 = 0.125 \text{ nm}$$