

# Artikkel 10: UiA teleskopene og deres egenskaper

## Galilei teleskopet

Galileo Galilei var den første astronomen som utførte vitenskaplige observasjoner av solsystemet med et teleskop. I 1609 oppdaget han detaljer på Månen og mørke flekker på Sola. Han oppdaget samme året månefaser på Venus og at størrelsen på plantens overflate varierte i størrelse. I 1610 gjorde Galilei en ny oppsiktsvekkende oppdagelse med sitt 30mm linseteleskop, han så fire måner som roterte rundt planeten Jupiter.

Galilei har inspirert generasjoner i en 400 års periode. For sitt banebrytende arbeid ble han hedret av en hel verden i 2009. I løpet av disse 400 årene har astronomien hatt en fantastisk utvikling.

Vi skal se hvordan et objekt kan observeres visuelt med et teleskop og se på noen av de faktorene som bestemmer teleskopets kvalitet. Vi tar utgangspunkt UiA teleskopene og gi en oversikt de astronomiske størrelsene som beskriver teleskopene.

## UiA teleskopene og deres egenskaper

Tabellene vise universitetets fire teleskoper som vi benytter i undervisningen. De to minste teleskopene er linse teleskoper, de to andre er speil teleskoper.

Astronomiske størrelser	Teleskopformlene	ETX 70	SW 80	LX 90	LX 200
Objektivets diameter	$D_{ob}$	2,76"	3,15"	10"	16"
Objektivets diameter	$D_{ob}$	70mm	80mm		
Speilets diameter	$D_{ob}$			250mm	406,4mm
Teleskopets brennvidde	$f$	350mm	400mm	2500mm	4064mm
Åpningsforholdet	$f_{tallet} = f/D_{ob}$	5	5	10	10
Okularetets brennvidde	$f'$				
Okularpupillens diameter	$D_{ok} = f'/f_{tallet} = D_{ob}/M_v$				
Overflatelystyrken	$S_{Btel} = 2(D_{ok})^2$				
Overflatelystyrken	$S_{Btel} = (M_{min}/M_v)^2$				
Vinkelforstørrelsen	$M_v = f/f'$				
<i>Diffraksjonsgrensen</i>	$\theta_{dif} = 137/D_{ob}$	2,0"	1,7"	0,54"	0,34"
<i>Magnitudegrensen</i>	$m_{min} = 2 + 5 \cdot \log(D_{ob})$	11	12	14	15
<i>Største forstørrelse</i>	$M_{max} = D_{ob}$	70X	80X	250X	406X
Minste okularbrennvidde	$f'_{min} = f_{tallet}$	5mm	5mm	10mm	10mm
<i>Minste forstørrelse</i>	$M_{min} = D_{ob}/7$	10X	11X	36X	58X
Lysforsterkning	$G_{tel} = [D_{ob}/D_{ok}]^2$				
Største okularbrennvidde	$f'_{max} = f_{tallet} \cdot 7$	35mm	35mm	70mm	70mm

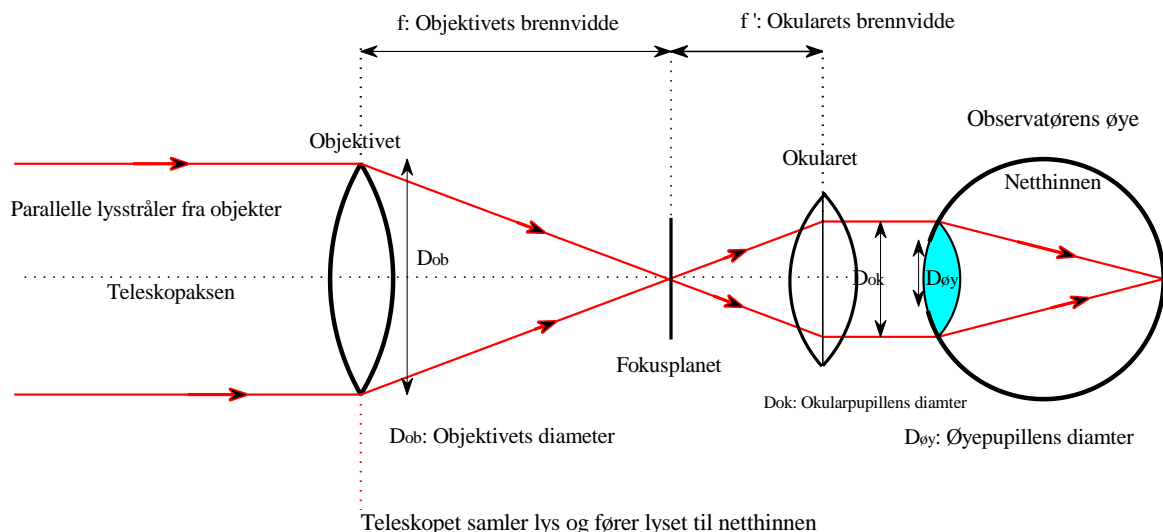
Legg merke til at de astronomiske størrelsene som er skrevet med kursiv skrift kun avhengig av teleskopets lysåpning ( $D_{ob}$ ). Det betyr at størrelsen på linsen eller speilet bestemmer teleskopets minste og største forstørrelse. Linsediameteren bestemmer også magnitudegrensen og størrelsen på detaljene (diffraksjonsgrensen) vi klarer å observere med teleskopet.

Astronomiske størrelser	Teleskopformlene	ETX 70	SW 80	LX 90	LX 200
<b>Største forstørrelse</b>	$M_{\max} = D_{\text{ob}}$	70X	80X	250X	406X
Oppløsningsevnen	$\theta''_{\min} = 137 / M_{\max}$	2,0"	1,7"	0,54"	0,34"
Minste f' verdi	$f'_{\min} = f / M_{\max} = f_{\text{tallet}}$	5mm	5mm	10mm	10mm
Okularpupillen	$D_{\text{ok}} = f'_{\min} / f_{\text{tallet}}$	1mm	1mm	1mm	1mm
Overflate lysstyrken	$SB_{\text{tel}} = 2 \cdot [1] \exp 2$	2 %	2 %	2 %	2 %
Okularets synsfelt	$FOV_{\text{ok}} = 52 \text{ gr}$				
Synsfeltet	$FOV_{\text{tel}} = FOV_{\text{ok}} / M_{\max}$	44'	39'	12'	7,6'
Lysforsterkning	$G_{\text{tel}} = [D_{\text{ob}} / 1]^2$	4900	6400	62500	164836
<b>Minste forstørrelse</b>	$M_{\min} = f / f'_{\max} = D_{\text{ob}} / 7$	10X	11X	36X	58X
Oppløsningsevnen	$\theta''_{\min} = 137 / M_{\min}$	9,8"	8,6"	2,8"	1,7"
Størst f' verdi	$f'_{\max} = f_{\text{tallet}} \cdot 7$	35mm	35mm	70mm	70mm
Okularpupillen	$D_{\text{ok}} = D_{\text{øy}} = 7 \text{ mm}$				
Overflate lysstyrken	$SB_{\text{tel}} = 2 \cdot [7]^2$	100 %	100 %	100 %	100 %
Okularets synsfelt	$FOV_{\text{ok}} = 52 \text{ gr}$				
Synsfeltet	$FOV_{\text{tel}} = FOV_{\text{ok}} / M_{\min}$	312'	283'	87'	54'
Lysforsterkning	$G_{\text{tel}} = [D_{\text{ob}} / 7]^2$	100	131	1276	3364

Tabellen viser teleskopdata for UiA teleskopene ved minste og største forstørrelse.

## Linseteleskop

Et linseteleskop består av [to konvekse linser](#) (tykkest på midten). Den største linsen kalles for objektivet, det er størrelsen på objektivet som bestemmer styrken på lyset som treffer netthinnen. Objektivet samler de parallelle lystrålene fra objektet og et reelt bilde av objektet dannes i fokusplanet. Okularet fungerer som lupe, ser vi gjennom lupen vil vi se et forstørret bilde av objektet.

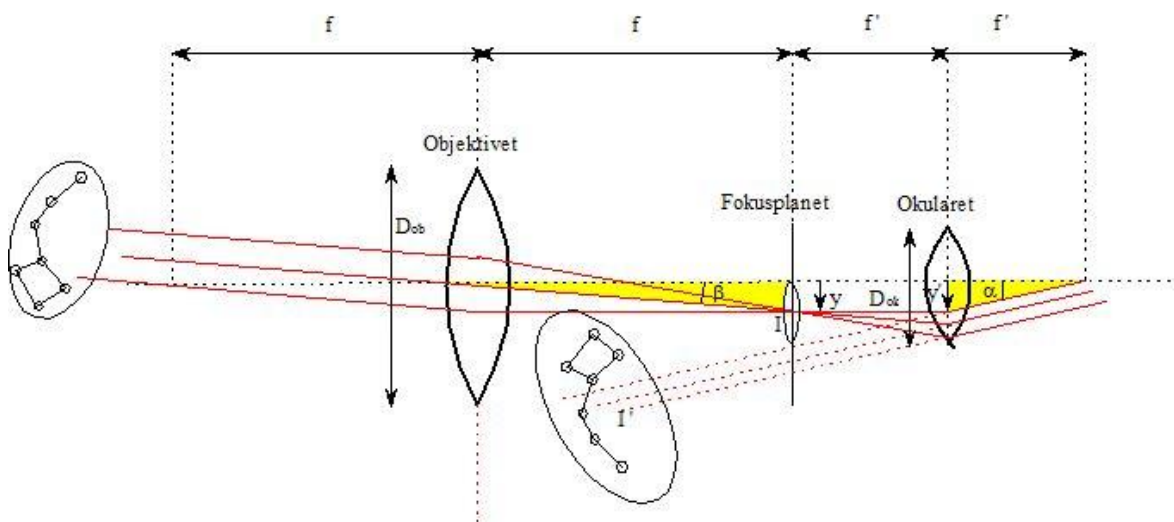


Tegningen viser at avstanden mellom de to konvekse linsene er lik summen av teleskopets brennvidde ( $f$ ) og okularets brennvidde ( $f'$ ). De parallelle lysstrålene fra stjernene samles i fokusplanet og går videre til okulalet. Okulalet samler lysstrålene og en parallell lysstråle treffer øyet. Øyelinsen samler lysstrålene og bildet av stjernene kan observeres. På figuren er diameteren på lysstrålen ( $D_{ok}$ ) som passerer okulalet er litt større enn øyepupillens diameter ( $D_{øy}$ ). Skal vi unngå lystap må okularpupillen ha en diameter som er like stor som øyepupillens diameter ( $D_{ok} = D_{øy}$ ).

Opgave 1: Studer figuren og forklar hva som skjer når vi velger et okular med mindre brennvidde (se avsnittet "Teleskopets minste forstørrelse").

Skal vi komme videre i forståelsen av hvordan et teleskop fungerer og hvordan vi på best mulig måte kan anvende teleskopet, må vi kjenne til begrepet vinkelforstørrelse.

### Vinkelforstørrelsen ( $M_v$ )



Okulalet setter Lillebjørn "på hode" (opp/ned bilde)

Objektivt danner et reelt forminsket bilde (I) av objektet (Lillebjørn) i fokusplanet fordi Lillebjørn ligger "uendelig" langt unna. Plasserer vi øyet bak okulalet oppdager vi et omvendt forstørret bilde (I') av Lillebjørn. Bildet på netthinnen er skarpt når avstanden mellom de to linsene er summen av de to brennviddene, det er denne avstanden vi regulerer når fokuserer teleskopet.

Vinkelforstørrelsen er avhengig av vinklene alfa ( $\alpha$ ) og beta ( $\beta$ ). De parallelle lysstrålene fra Lillebjørn danner en liten vinkel ( $\beta$ ) med teleskopaksen når de treffer objektivet. De samme parallelle lysstrålene danner en større vinkel ( $\alpha$ ) med teleskopaksen når de har passert okulalet. Det er denne forandringen i vinkelen fra  $\alpha$  til  $\beta$  som bestemmer teleskopets vinkelforstørrelse.

Lysstrålene fra fjerne objekter danner små vinkler med teleskopaksen, vi kan med god tilnærming sette tangens til en vinkel lik vinkelen.

$$\text{Vinkelforstørrelse} M_V = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\tan(\alpha)}{\tan(\beta)} = \frac{\frac{y'}{f'}}{\frac{y}{f}} = \frac{f}{f'}$$

Vinklene  $\alpha$  og  $\beta$  er toppvinkler i de to gule rettvinklede trekantene. Den korte kateten i trekantene er lik store ( $y = y'$ ).

Vinkelforstørrelsen ( $M_V$ ) er gitt av forholdet mellom brennvidden for objektivet ( $f$ ) og brennvidden for okularet ( $f'$ ). Når brennvidden for okularet reduseres øker teleskopets forstørrelse.

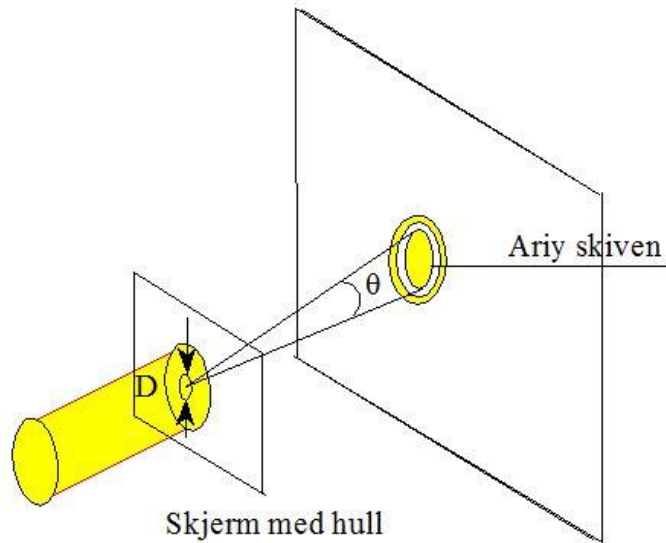
En stjerne er et lyspunkt på himmelen. Et godt teleskop trenger nødvendigvis ikke ha stor forstørrelse fordi stjernen vil uansett forstørrelse forbli et lyspunkt. Det er viktig å være klar økt forstørrelse gir oss mulighet til å se detaljer i objekter som har overflate og ved stor forstørrelse kan vi oppdage multiple stjernesystemer. På grunn av lysets bølgenatur vil en stjerne få overflate. Overflaten blir synlig når vi nærmer oss teleskopets diffraksjonsgrense.

#### Oppgave

1. Undersøk om linseteleskopet SkyWatch gir et rettventdt bilde som står "på hode" (opp/ned). (Svar: Speilvendt og opp/ned)
2. Hva skjer med bildet orientering når vi setter okularet i 90 graders vinkelprisme (Svar: Speilvendt og rettventdt bilde)
3. Hva skjer med bildets orientering når vi benytter et 45 graders vinkelprisme? (Svar: Rettventdt)

I neste avsnitt handler om begrepet diffraksjonsgrense, en størrelse som er avhengig av lysets bølgelengde og objektivets diameter.

## Diffraksjonsgrensen ( $\theta_{\text{dif}}$ )



Tegningen viser en skjerm som blir belyst, en del av lyset som passerer hullet i skjermen fanges opp av en ny skjerm. Lysstrålene som passerer gjennom hullet vil interferere med hverandre og danne diffraksjonsringer med en sirkulær lysende skive i midten. Skiven i midten har en vinkeldiameter som tilnærmet er gitt av uttrykket:

$$\theta = 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$$

Vi kan anvende denne formelen på teleskopet fordi teleskopet har en sirkulær lysåpning og fordi bølgelengden for lyset er mye mindre enn diameteren på objektivet eller speilet. Det er lysets bølgenatur som er årsaken til diffraksjonsringene, de setter en nedre grense for teleskopets evne til å se detaljer på himmelen. Vi kaller denne grensen for teleskopets diffraksjonsgrense. Det vil ikke være mulig å se detaljer på himmelen som har mindre vinkeldiameter enn diffraksjonsgrensen. Diffraksjonsgrensen er avhengig av hullets diameter, dette hullet tilsvarer teleskopets lysåpning ( $D$ ) og bølgelengden ( $\lambda$ ) på lyset som passerer gjennom lysåpningen. I den visuelle delen spektret bruker vi bølgelengden for grønt lys (550nm) fordi om natten er øye mest følsomt for grønt lys. Diffraksjonsgrensen får da vinkelenheten buesekund når bølgelengden og diameteren har samme enhet, for eksempel millimeter (mm).

Diffraksjonsformelen blir lettere å håndtere når vi setter inn verdien for bølgelengden og velger millimeter som enhet for diameteren. Diffraksjonsgrensen har fortsatt enheten buesekund.

$$\theta_{\text{dif}} = \frac{137}{D_{\text{Ob}}}$$

Skiven i sentrum av diffraksjonsringene kaller astronomene for Ariy skiven. Det var Sir Georg Ariy som beskrev denne diffraksjonseffekten for første gang i 1834. En stjerne som

normalt sees som et lyspunkt i synsfeltet vil framstå som Ariy skive når vi bruker stor forstørrelse.

Oppgave

Undersøk om det er mulig se diffraksjonsringer i UIA teleskopene? ( Svaret på dette spørsmålet vil foreligge i neste utgave av denne artikkelen). I neste avsnitt skal vi det er de atmosfæriske forholdene som bestemmer størrelsen på detaljene vi kan se på natthimmelen.

### **Atmosfæriske forhold**

Vi benytter det engelske ordet "seeing" når vi skal på en enkel måte formidle kvaliteten på observasjonsforholdene den dagen vi observerer. Det er turbulensen i atmosfæren som begrenser observasjon av detaljer på himmelen. Vi kan benytte kjente detaljer på himmelen (f.eks) dobbeltstjerner å bestemme stedets "seeing". Dersom teleskopet ikke klarer å splitte en dobbeltstjerne med vinkelavstand 2" må "seeingen" større enn 2". Atmosfæren over de fleste amatørteleskopene i Norge varierer "seeingen" fra 2 til 3 buesekund. Drar vi til de profesjonelle observatoriene høyt over havet kan "seeingen" ligge rundt 0,5". Det skal bli spennende å se om vi i Helles (Metochi observatoriet) klarer å splitte en dobbeltstjerne som har vinkeldiameter mindre enn 2".

Oppgave

Velg en dobbeltstjerne med vinkelavstand 2" og undersøk om teleskopet klarer å splitte de to stjernene.

Vi skal senere finne et uttrykk som gir magnituden for den svakeste stjernen vi kan se med teleskopene våre. Magnitdegrensen for det største UIA teleskopet er 15 på den såkalt Hipparkhos skalaen. Metochi teleskopet har en magnitdegrense på 14. Observasjon av magnitudo 14 stjerner krever gode observasjonsforhold, så gode at vi kan observere magnitudo 6 stjerner med det blotte øyet. Observasjon av magnitudo 6 stjerner med det blotte øyet krever at atmosfæren over oss er fri for støv og vanndamp. Månen bør være ny og lysforurensningen bør være på et minimum. En gjennomsiktig atmosfære vil selvsagt aldri eksistere, men de beste observasjonsstedene finnes i ørken høyt over havet i tørre områder.

Oppgave

1. Benytt magnitdegrensene for det blotte øyet og UIA teleskopene og gi en vurdering av kveldens observasjonsforhold. Det blotte øyet kan under gode atmosfæriske forhold se stjerner med magnitudo 6 på Hipparkhos skalaen. Vi skal komme tilbake til Hipparkhos skalaen.

### **Øyets evne til å se detaljer på himmelen**

Ser vi på himmelen med det blotte øyet (uten teleskop) vil vi kunne se to stjerner som har en vinkelavstand på 137 buesekunder, denne størrelsen kan variere fra person til person. I dette avsnittet skal vi beskrive et forsøk, vi skal undersøke om øyet kan se to punkter som har en vinkelavstand lik 137 buesekunder



### Oppgave

Avstanden mellom de to ”stjernene” på figuren over er 3 mm. Ta utskrift av denne siden og heng siden på en vegg. Se på ”dobbelstjernen” i avstandene 4,5 meter og på 5,0 meter. Dersom du ser de to ”stjernene” på 4,5 meter og ikke på 5,0 meter kan du se detaljer på omtrent 137 buesekunder (2,3 bueminutt). Dette forsøket viser at et normalt øye klarer å splitte sto stjerner som har en vinkelavstand på 137 buesekunder eller 2,3 bueminutter.

### Oppgave

Benytt formelen for de små vinkler og finn vinkelavstanden mellom de to stjernene sett fra en avstand på 4,5 meter.

Svar: Formelen for de små vinkler:  $\theta_{\text{buesec}} = 206265\theta_{\text{rad}}$ , faktoren 206265 er nødvendig for overgangen fra radianer til buesekunder. Den aktuelle vinkelen i radianer  $\theta_{\text{rad}} = \frac{3 \cdot \text{mm}}{4,5 \cdot \text{m}}$ , setter vi dette uttrykket inn i formelen for de små vinkler får vi:  $\theta_{\text{buesec}} = 206265 \frac{3 \cdot \text{mm}}{4,5 \cdot \text{m}}$ , svaret blir  $\theta_{\text{buesec}} = 137$

I neste avsnitt viser vi hvordan vi kan finne oppløsningsevnen til det blotte øyet.

En ungdom har en pupilldiameter på 7 millimeter om natten, en eldre person kanskje 5 millimeter. Av den grunn vil en ungdom ha bedre nattsyn og se flere detaljer sammenliknet med en eldre person. Bruker vi formelen finner vi at diffraksjonsgrensen for øyet er omtrent 23 buesekunder. Vi har sett øyets oppløsningsevne i praksis er omtrent 137 buesekunder, altså en faktor 6 større enn diffraksjonsgrensen.

William R. Dawes (1799-1668) fikk kallenavnet “Eagle Eye” fordi hans blotte øye hadde en oppløsningsevne lik 116 buesekunder (“Dawes Limit”). Han var i stand å splitte to stjerner som hadde en vinkelavstand på 116 buesekunder.

Vi skal se at det er øyets evne til å se detaljer på himmelen som bestemmer teleskopets største forstørrelse.

### Største forstørrelse ( $M_{\text{max}}$ )

Teleskopets største forstørrelse er gitt av teleskopets diffraksjonsgrense og øyets evne til å se detaljer på himmelen. Vi har sett at det blotte øyet er i stand til å se to stjerner med en vinkelavstand på 137 buesekunder.

Multiplisere teleskopets diffraksjonsgrense med en faktor som gir øyets oppløsningsgrense.

$$\theta_{\text{dif}} \cdot M_{\text{max}} = 137$$

Faktoren i dette uttrykket er teleskopets største forstørrelse.

Vi kan benytte den anvendelige formelen for diffraksjonsgrensen ( $\theta_{\text{dif}} = 137/D_{\text{ob}}$ ) og sammenlikne denne med uttrykket for størst forstørrelse, da får vi at størst forstørrelse er lik teleskopets linse/speildiameter når enheten er millimeter.

$$M_{\max} = D_{\text{Ob}}$$

Den største forstørrelsen setter en nedre grense for okularets brennvidde. I kursiv avsnittet under viser vi at den minste brennvidden ved størst forstørrelse er lik teleskopets åpningsforhold:  $f'_{\min} = f_{\text{tallet}}$

Vi tar utgangspunkt i uttrykket for vinkelforstørrelsen  $M_{\max} = \frac{f}{f'_{\min}}$  og den største forstørrelsen som lik

objektets diameter  $M_{\max} = D_{\text{Ob}}$ . Kombinerer vi disse to uttrykkene får vi  $D_{\text{Ob}} = \frac{f}{f'_{\min}}$ . Løser vi dette uttrykket

med hensyn på  $f'_{\min}$  får vi:  $f'_{\min} = \frac{f}{D_{\text{Ob}}} = f_{\text{tallet}}$ .

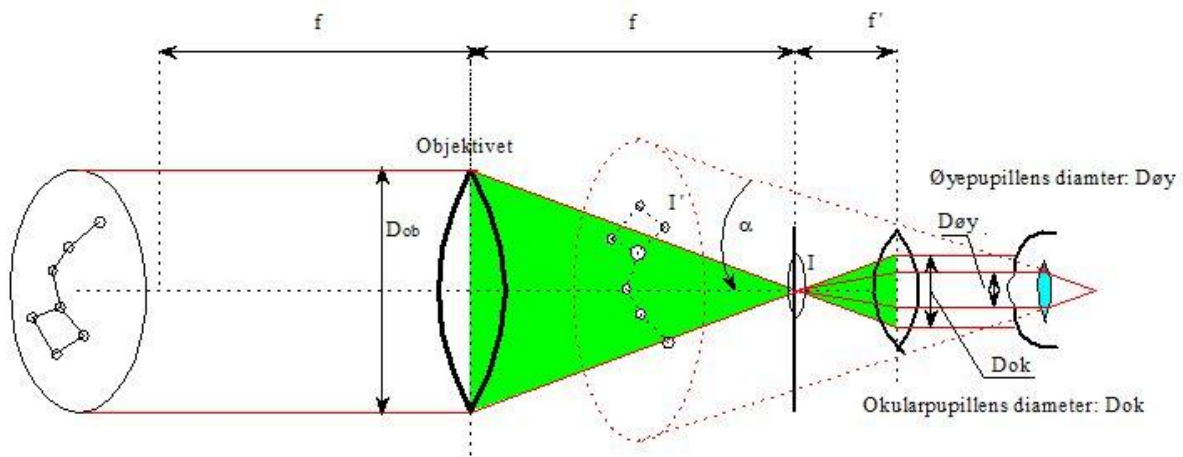
Her møter vi teleskopets åpningsforhold eller f-tallet for første gang. *Åpningsforholdet* defineres som forholdet mellom teleskopets brennvidde og størrelsen på okularets diameter. Teleskopet har størst forstørrelse når okularet har en brennvidde lik teleskopets åpningsforhold.

Oppgave

Kommenter bilde av stjernen når vi benytter et okular med brennvidde mindre enn teleskopets åpningsforhold

### Minste forstørrelse ( $M_{\min}$ )

Skal vi observere lyssvake objekter bør alt lyset som treffer objektivet finne veien til øyets netthinne. Vi unngår lystap når okularpupillen har en diameter ( $D_{\text{ok}}$ ) som er like stor som øyepupillens diameter ( $D_{\text{øy}}$ ).



Teleskopet i tegningen er rettet mot Lillebjørn, vi ser et opp ned bilde av Lillebjørn i synsfeltet. Okularpupillen er også i denne tegningen større enn øyepupillen, det vil si at vi får et lystap. Skal vi unngå lystap må okularpupillen ha en diameter som er like stor som øyepupillens diameter ( $D_{\text{ok}} = D_{\text{øy}}$ ). Tegningen viser at øyets iris (regnbuehinne) ligger foran linsen. I sentrum av regnbuehinnen er det en sirkelrund åpning, øyepupillen. Øyepupillen regulerer lysmengden som slippes inn i øyet. De to grønne trekantene er til hjelp når vi skal bestemme diameteren på okularpupillen.



Utledningen forutsetter at teleskopets brennvidde er mye større enn okularets brennvidde, det vil si at alt lyset kommer inn parallelt med teleskopaksen. De to grønne trekantene gir forholdet:  $\frac{D_{ob}}{f_{tel}} = \frac{D_{ok}}{f_{ok}}$  Vi får uttrykket

$$\text{for okularpupillens diameter: } D_{ok} = \frac{D_{ob}}{M_v}$$

Utledningen viser at okularpupillens diameter avtar når vinkelforstørrelsen øker. Vi unngår lystap når okulardiameteren er like stor som øyepupillens diameter. Setter vi øyepupillens diameter lik 7 millimeter får vi den minste forstørrelsen.

$$M_{min} = \frac{D_{ob}}{D_{ok}} = \frac{D_{ob}}{7 \cdot \text{mm}}$$

Teleskopets minste forstørrelse er diameteren på objektivet delt på øyets pupilldiameter om natten, den settes lik 7mm.

Da gjenstår det å finne okularets brennvidde når teleskopet har minst forstørrelse:

Tar utgangspunkt i uttrykket  $M_{min} = \frac{f_{tel}}{f_{max}} = \frac{D_{ob}}{7 \cdot \text{mm}}$  og finner okularets største brennvidde:

$$f_{max} = \frac{f_{tel}}{D_{ob}} \cdot 7 \cdot \text{mm}. \text{ Innfører } f_{tallet} = \frac{f_{tel}}{D_{ob}} \text{ og få: } f_{max} = f_{tallet} \cdot 7 \cdot \text{mm}.$$

Utledningen viser at okularets største brennvidde er gitt av f-tallet øyepupilldiameterens diameter om natten multiplisert med åpningsforholdet.

Da har vi gått gjennom alle størrelsene i tabellen over unntagen magnitudegrensen. Alle stjerner med en magnitudeværdi mindre enn magnitudegrensen vil vi kunne se i teleskopet.

## Hipparkhos skalaen

Det var Hipparkhos (190-120 f. kr) i det andre århundre før Kristus som inndelte stjernene i klasser. Han inndelte alle i seks klasser, de svakeste stjernene som vi observerer på himmelen ble plassert i 6. klasse og de sterkeste i 1. klasse. En stjerne i 5. klasse lyste dobbelt så sterkt sammenliknet med en stjerne i 6. klasse og så videre. Lysstyrkeforskjellen mellom stjerner i 1. og 6. klasse er 32 ( $2^{6-1} = 32$ ). Astronomene sier ofte at stjerner i 1. klasse har **magnitudo 1**, de benytter det engelske ordet for størrelsesklasse.

Astronomene har i dag modernisert det gamle klassifiseringssystemet til Hipparkhos fordi ny observasjonsteknologi viser at en magnitudo 1 stjerne har en lysstyrke som er 100 ( $2,5^{6-1} = 100$ ) større enn en stjerne med magnitudo 6. Stjernens magnitudo angis i dag med tre siffer, fordi det blotte øye er erstattet med CCD brikker og målingene utføres over Jordens atmosfære. Den sterkeste stjernen på nordhimmelen er Sirius, deretter kommer Arcturus. I det nye klassifiseringssystemet har Sirius og Arcturus en magnitudo på henholdsvis -1,44 og -0,05. Lysstyrke forskjellen mellom disse er 3,6 fordi  $2,5^{-0,05 - (-1,44)} = 2,5^{1,44 - 0,05} = 3,6$ . Stjernen Vega kommer på tredje plass, den ga magnitudo lik 0,03.

Vi skal finne et uttrykk for magnitodeforskjellen når lysstyrkeforholdet mellom stjerne er gitt.

Vi kan benytte litt matematikk og noen astronomiske symboler

Lysstyrkeforholdet mellom to stjerner:  $b_1 / b_2$ , antar her at stjerne 1 har større lysstyrke enn stjerne 2. Stjerne 1 har magnitudo  $m_1$ . Stjerne 2 har magnitudo  $m_2$ . Vi benytter symbolet  $b$  for lysstyrken, den første bokstaven i det engelske ordet brightness.

Da kan vi sette opp følgende uttrykk:  $\frac{b_1}{b_2} = 2.5^{m_2 - m_1}$

Skal vi finne magnitodeforskjellen mellom to stjerner når lysstyrkeforholdet er gitt må vi benytte logaritmeregning.

$$m_2 - m_1 = 2.5 \cdot \log\left(\frac{b_1}{b_2}\right)$$

$m_2$  er større enn  $m_1$  fordi  $b_2$  er mindre enn  $b_1$ .

Denne formelen kan for eksempel gir styrkeforholdet mellom Venus ( $m_1=0.03$ ) og den svakeste stjernen vi kan observere med det blotte øyet ( $m_2=6$ ). Vi setter inn i uttrykket og får:

$$6 - 0.03 = 2.5 \cdot \log\left(\frac{b_{\text{Venus}}}{b_2}\right)$$

Utrekningene viser at Venus har en tilsynelatende lysstyrke som er 244 ganger sterkere enn den svakeste stjernen vi kan observere med det blotte øyet.

### **Magnitudegrensen ( $m_{\text{tel}}$ )**

Vi skal se på en stjerne som har magnitudo 6, den ligger på grensen hva det blotte øyet kan observere. Deretter skal vi se på den samme stjernen med et teleskop. Den tilsynelatende lysstyrken med og uten teleskop er da gitt av arealet av objektivet og arealet av pupillåpningen når diameteren er 7mm.

$$6 - m_{\text{tel}} = 2.5 \cdot \log\left(\frac{D_{\text{ob}}^2}{7^2}\right)$$

Vi løser denne likningen med hensyn på  $m_{\text{tel}}$  og setter  $5 \log(7)$  lik 4, da får vi et uttrykk som gir den svakeste stjernen eller den største magnitudo vi kan observere med et teleskop.

$$m_{\text{tel}} = 2 + 5 \cdot \log(D_{\text{ob}})$$

Dette uttrykket gir magnituden for den svakeste stjernen vi kan se i et teleskop. Legg merke til at denne grenseverdien ( $m_{\text{tel}}$ ) er kun avhengig av linsens eller speilets diameter.

## Observasjon av galakser og tåker - Overflatelysstyrken



Ring Tåka

UiA 16", Canon EOS60Da, ISO 3000, eksponeringstid 30s

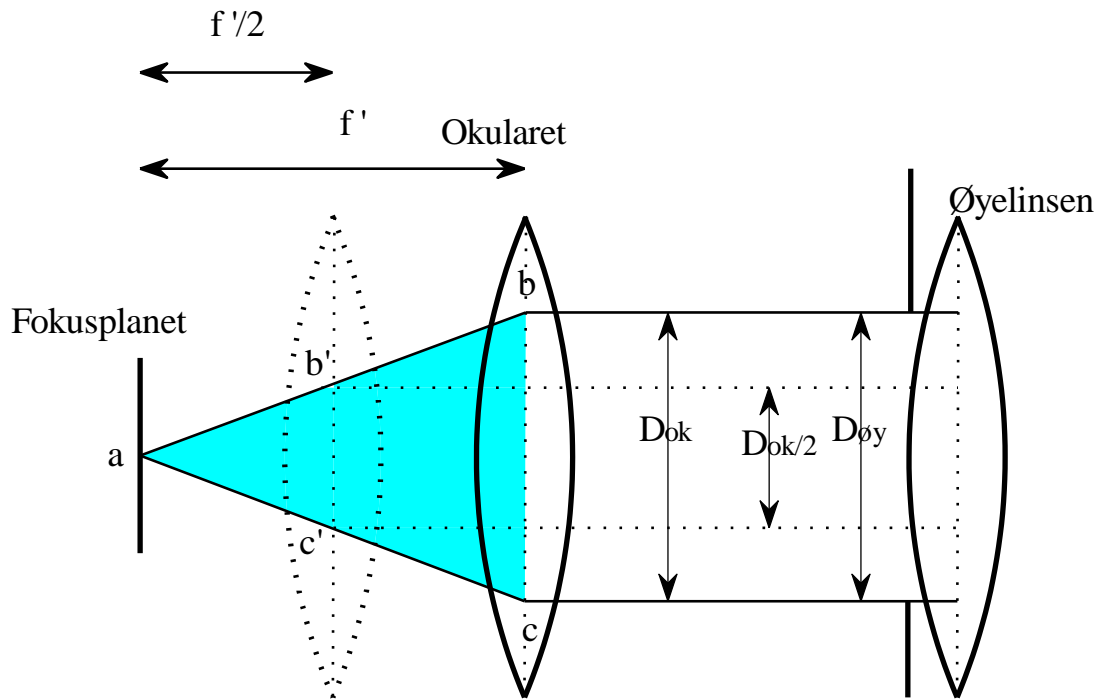
Ring Tåka er et skall av glødende gass rundt en døende stjerne i midten av skallet. Tåkas magnitudo er 8,8, det betyr at en magnitudo 6 stjerne har en lysstyrke som er 33 ganger sterke enn Ring Tåka. Sentralstjernen er en hvit dverg, den har en magnitudo 14,7 og så vidt synlig på bildet. Vi skal i dette avsnittet se at objekter med liten overflatelysstyrke bør observeres med teleskopets minste forstørrelse. Øker vi forstørrelsen dimmer vi lyset på overflaten.

### Oppgave

Ta i bruk et "zoom"-okular og demonstrer dimme - effekten, endrer vi brennvidden fra 8mm til 24mm vil teleskopets forstørrelse avta, synsfeltet blir større, detaljene forsvinner og lysstyrken på overflaten øker.

## Overflatelystyrken ( $SB_{tel}$ )

"En dobling forstørrelsen reduserer overflatebelysningen med 75%. Vi dobler forstørrelsen når okularets brennvidde halveres. "



Tegningen viser et "zoom" okular som flytter okularet mot teleskopets fokusplan. Vi kan benytte de to trekantene ( $ab'c'$  og  $acb$ ) og vise at okularpupillens diameter halveres når vi halverer okularets brennvidde. En halvering av okularpupillens diameter fører til at objektets overflatelystyrke blir redusert (dimme-effekten) med en faktor 4 fordi lysmengden fordeles på et areal som er fire ganger så stort [ $(D_{ok})^2 / (D_{ok}/2)^2 = 4$ ].

I avsnittet **Minste forstørrelse ( $M_{min}$ )** kom vi fram til et uttrykk for okularpupillens diameter:  $D_{ok} = \frac{D_{ob}}{M_v}$  og at

vi unngår lystap når okularpupillen er like stor som øyepupillen:  $D_{ok} = D_{ø}$

Om natten er pupillen størst lik  $D_{ø} = 7 \text{ mm}$

Vi oppnår størst overflatelystyrke oppnås når vi anvender teleskopets minste forstørrelse:  $M_{min} = \frac{D_{ob}}{7}$

Overflatelystyrken for en vilkårlig forstørrelse er gitt av uttrykket:  $SB_{tel} = \left( \frac{M_{min}}{M_v} \right)^2 \cdot 100$  .

I tegningen har forstørrelsen endret seg fra  $M_{min}$  til  $M_v = 2 \cdot M_{min}$  fordi brennvidden er halvert, Overflatelystyrken er redusert 25 % av maksimal lystyrke.

Vi kan erstatte  $M_{\min}$  og  $M_V$  med henholdsvis  $\frac{D_{ob}}{7}$  og  $\frac{D_{ob}}{D_{ok}}$  da får vi  $SB_{tel} = \frac{\left(\frac{D_{ob}}{7}\right)^2}{\left(\frac{D_{ob}}{D_{ok}}\right)^2} \cdot 100$

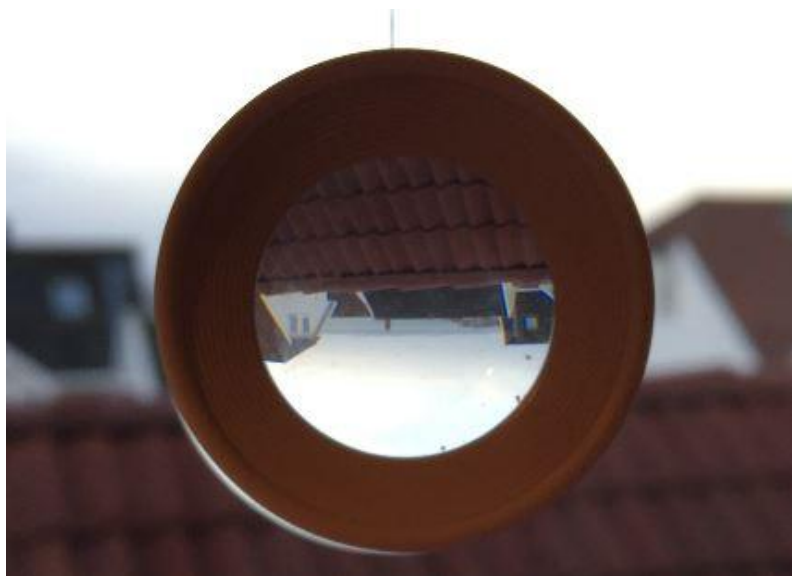
Overflatelystyrken når vi setter brøken  $\frac{100}{49}$  tilnærmet lik 2:  $SB_{tel} = 2 \cdot (D_{ok})^2$

### Observasjon av "stjerneoverflaten" ved høy forstørrelse

Likningen for overflatelystyrken gjelder ikke for stjerner fordi stjerner er et lyspunkt når forstørrelsen er mindre enn største forstørrelse. Øker vi forstørrelsen mer enn teleskopets største forstørrelse vil stjernene få en liten overflate (Ariy skiven). Dimme effekten vil føre til at stjerne forsvinner når forstørrelsen er blitt tilstrekkelig stor. På grunn av dimme-effekten vil lyset mellom stjerne ("skyglow") avta når vi øker forstørrelse, kontrasten i synsfeltet vil øke.

Endrer vi forstørrelsen til en verdi mindre enn teleskopets minste vinkelforstørrelse vil bakgrunnen bli mørkere og stjernen lysere, kontrasten øker med andre ord. Denne problemstillingen er ikke aktuell for våre største teleskoper fordi okularer med brennvidde større enn 70mm finnes ikke.

### Teleskopets synsfelt



Bildet i okularets synsfelt viser utsikten fra kontoret, bildet er speilvendt, opp/ned og forminsket. Okularet er ikke koplet til teleskopet, det henger i en tynn tråd foran kontorvinduet. Et vanlig okular har et synsfelt som ligger i området fra 50 til 60 grader. Et vanlig relativt rimelig okular (Meade Super Pløssel 26mm") har et synsfelt på 52 grader. Vi kan kjøpe okularer med større synsfelt og bedre optikk. Mange amatørastronomer har skaffet seg okular med synsfelt på hele 82 grader. Der finnes okularer med synsfelt på hele 100 grader, leverandøren forteller at et slikt okular har 50% større synsfelt (synsareal) i forhold til 82 grader okular. Prisen for dette okularet begynner å nærme seg prisen på et godt amatørteleskop.

Når man kjøper et teleskop følger der som regel med en serie av okularer, disse okularene har en brennvidde som er tilpasset teleskopet. Synsfeltet for denne serien er ofte den samme.

Teleskopets synsfelt er avhengig av okularets brennvidde, halverer vi brennvidden dobler vi forstørrelsen og halverer synsfeltet

### Okularene montert på UiA teleskopene - en oversikt

ETX 70:	2,76"	f' (mm):	Mv (X):	θ":	Dok (mm):	SB (%):	FOV <sub>tel</sub> ' (min):
θ <sub>dif</sub> "	2,0						
M <sub>max</sub> :	70						
M <sub>min</sub> :	10	4,7	74	1,8	0,94	0,6	66
		5	70	2,0	1	0,8	45
f' <sub>max</sub>	35	6,4	55	2,5	1,28	2,3	57
f' <sub>min</sub>	5	11	32	4,3	2,2	11,0	155
m <sub>min</sub> :	11	12	29	4,7	2,4	13,2	107
D <sub>ob</sub> (mm):	70	12,5	28	4,9	2,5	14,4	111
f(mm):	350	25	14	9,8	5	37,9	223
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	82	35	10	13,7	7	100,0	312
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	60	40	9	15,7	8		357

XT 70: (10X til 70X)

SW 80:	3,15"	f' (mm):	Mv (X):	θ":	Dok (mm):	SB (%):	FOV <sub>tel</sub> ' (min):
θ <sub>dif</sub> "	1,7						
M <sub>max</sub> :	80						
M <sub>min</sub> :	11	4,7	85	1,6	0,94	0,6	58
		5	80	1,7	1	0,8	39
f' <sub>max</sub>	35	6,4	63	2,2	1,28	2,3	50
f' <sub>min</sub>	5	11	36	3,8	2,2	11,0	135
m <sub>min</sub> :	12	12	33	4,1	2,4	13,2	94
D <sub>ob</sub> (mm):	80	12,5	32	4,3	2,5	14,4	98
f(mm):	400	25	16	8,6	5	37,9	195
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	82	35	11	12,0	7	100,0	273
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	52	40	10	13,7	8		312

SW 80: (11X til 80X)

LX 90:	10"	f' (mm):	Mv (X):	$\theta$ ":	Dok (mm):	SB (%):	FOV <sub>tel</sub> ' (min):
$\theta_{dif}$ "	0,55						
M <sub>max</sub> :	250						
M <sub>min</sub> :	36	4,7	532	0,26	0,47	0,4	9
		5	500	0,27	0,50	0,5	6
f' <sub>max</sub>	70	6,4	391	0,35	0,64	0,8	8
		10	250	0,55	1,00	2,0	12
f' <sub>min</sub>	10	11	227	0,60	1,10	2,4	22
m <sub>min</sub> :	14	12	208	0,66	1,20	2,9	15
D <sub>ob</sub> (mm):	250	12,5	200	0,69	1,25	3,1	16
f(mm):	2500	25	100	1,37	2,50	12,5	31
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	82	35	71	1,92	3,50	24,5	44
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	52	40	63	2,19	4,00	32,0	50
		70	36	3,84	7,00	100,0	87

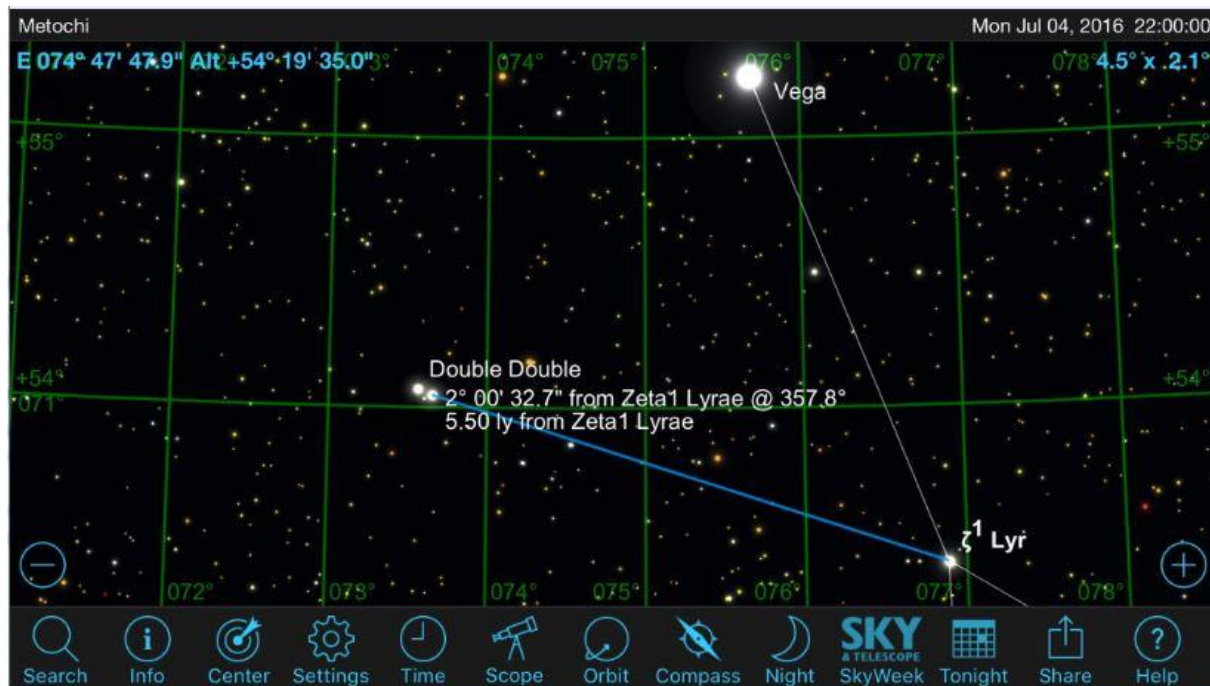
LX 90: (63X til 250X)

LX 200:	16"	f' (mm):	Mv (X):	$\theta$ ":	Dok (mm):	SB (%):	FOV <sub>tel</sub> ' (min):
$\theta_{dif}$ "	0,3						
M <sub>max</sub> :	406,4						
M <sub>min</sub> :	58	4,7	865	0,16	0,47	0,4	6
		5	813	0,17	0,50	0,5	4
f' <sub>max</sub>	70	6,4	635	0,22	0,64	0,8	5
		10	406	0,34	1,00	2,0	8
f' <sub>min</sub>	10	11	369	0,37	1,10	2,4	13
m <sub>min</sub> :	15	12	339	0,40	1,20	2,9	9
D <sub>ob</sub> (mm):	406,4	12,5	325	0,42	1,25	3,1	10
f(mm):	4064	25	163	0,84	2,50	12,5	19
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	82	35	116	1,18	3,50	24,5	27
FOV <sub>ok</sub> ' (gr):	52	40	102	1,35	4,00	32,0	31
		70	58	2,36	7,00	100,0	54

LX 200: (102X til 406X)

## Til bloggen "Verdensrommet.org"

"Double Double" over Metochi på Lesbos.



Dobbestjernetrekanten over Metochi 4. juli 2016, klokken 22:00

Epsilon ( $\epsilon$ 1 $\epsilon$ 2) Lyra er et multippelt stjernesystem. Stjerneparene har en vinkelavstand på 207". Dobbelstjernene i hvert par har en vinkelavstand på litt over 2". Magnituden for de fire stjernene komponentene ligger i området fra 6,1 til 5,0. Dette stjernesystemet blir kalt for "Double Double".

Stjernene "Double Double" og Zeta ( $\zeta$ 1, $\zeta$ 2) Lyra danner en likebeina trekant sammen med Vega. Det skal være mulig å se denne trekanten med det blotte øyet 4. juli 2016 klokken 22:00 lokal tid. På dette tidspunktet står stjernene høyt på himmelen mot øst. Magnituden for Zeta Lyra sett med det blotte øyet er 4,08.

Zeta Lyrae er en dobbeltstjerne avstanden mellom de to stjernene (Zeta 1 og Zeta 2) er 44 buesekunder og de har magnitudo 4,36 og 5,69.

Vi skal ta i bruk Metochi teleskopene, velge riktig forstørrelse og observere disse to multiple stjernene på en mørk himmel.

Les mer: UiA teleskopene og deres egenskaper

Referanser:

[Telescope Equations Randy Culp](#)