Innhold

1 LEKSJON 6: OPTIKK OG TELESKOPER 1

1.1 GALILEO GALILEI (1564-1642) 1
1.2 KORREKT POL JUSTERING ..... **FEIL! BOKMERKE ER IKKE DEFINERT.**
1.3 REFRAKTOR (LINSE TELESKOP) 2
1.4 REFLEKTORTELESKOP (SPEILTELESKOP) 4
1.5 NEWTON REFLEKTOREN 6
1.6 TELESKOPETS DIFFRAKSJONSGRENSE 8
1.7 DIFFRAKSJONSGRENSENE OG "SEEING" PÅ LA PALMA 9
1.8 UIA TELESKOPET (10 TOMMEREN) OBSERVERER DETALJER PÅ MÅNEN (TELESKOPETS LINEÆRE OPPLØSNINGSEVNE) 13
1.9 TELESKOPER I BANE RUNDT JORDEN 19
1.10 AKTIVITETER 22
1.11 OBSERVASJONSOPPGAVER 22
1.12 REGNEOPPGAVER 23

1 Leksjon 6: Optikk og teleskoper

1.1 Galileo Galilei (1564-1642)

Det var ikke Galilei som bygde det første teleskopet, men han var den første som **publiserte** det som ble observert på himmelen sett gjennom et teleskop. Han koplet teknologien og vitenskap sammen. Teleskopet Galilei brukte i 1609 var en 3cm-refraktor (objektivlinsen hadde en diameter på 3 cm) med en vinkeloppløsning på 5 buesekund (5") og en forstørrelse på 20x. Med dette teleskopet oppdaget han detaljer på månen (kratre og fjell) og mørke flekker på sola. Teleskopet til Galilei hadde stor nok vinkeloppløsning til å se Venus som en sirkelrund skive (Venus har en vinkeldiameter som varierer fra 10" til 58"). Oppdagelsen av fasene på Venus revolusjonerte synet på jorden plassering fordi den geosentriske modellen var ikke i stand til å forklare «gibbous» fasen (fasen mellom halv og full) på Venus. I 1610 oppdaget Galilei fire måner i rotasjon rundt Jupiter. Det er ikke mulig å se disse månene med det blotte øye fordi øyelinsen har for liten diameter (5mm). Det er tilstrekkelig med 3cm-refraktoren foran øye, lysmengden ("light-gathering power") på netthinden vil øke med en faktor 36: $(3cm/5mm)^2$.

1.2 Litt optikk

Refleksjonsloven

Brytningsloven

1.3 Refraktor (linse teleskop)

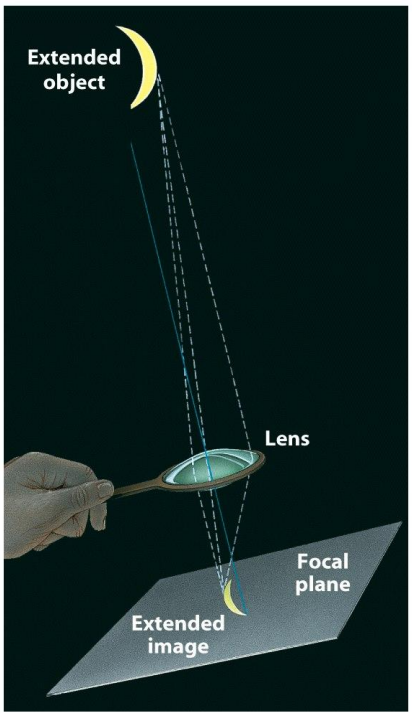
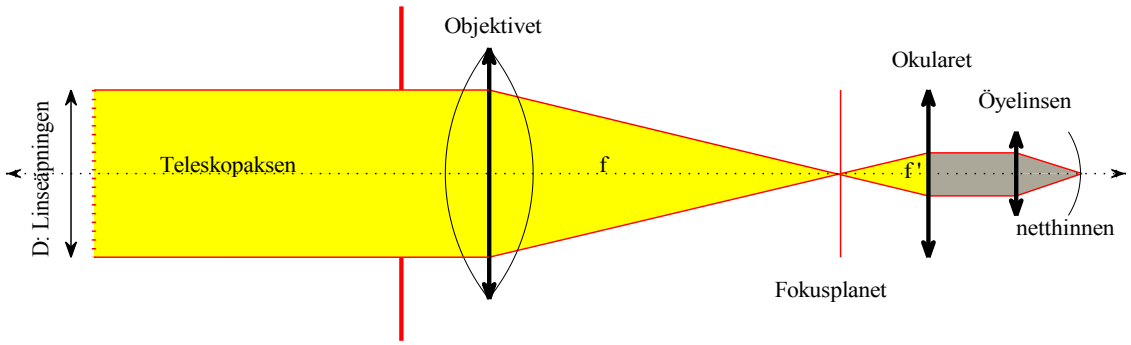


Figure 6-4
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

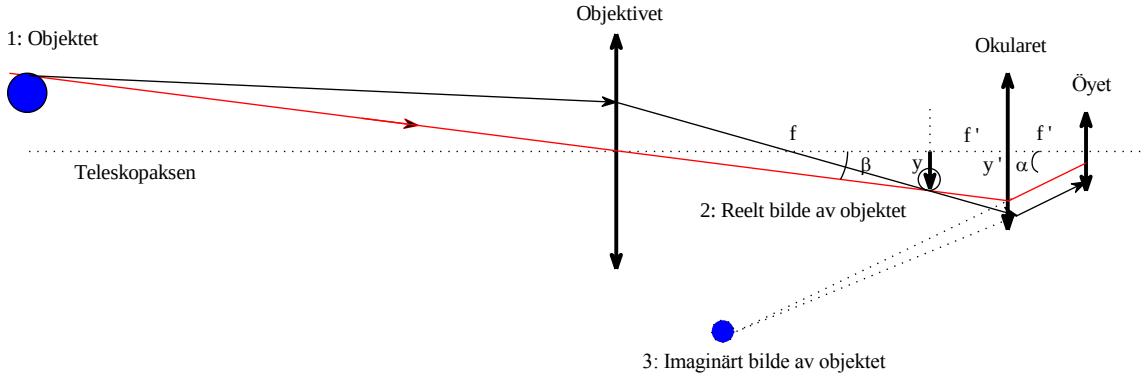
Samlelinsen på figuren danner et bilde av Månen i fokusplanet. Et hvert lyspunkt på Månen blir avbildet som et lyspunkt i fokusplanet.

Et linseteleskop eller en refraktor består av to konvekse linser (tykkest på midten). Den største linsen kalles for objektivet, det er denne linsen som bestemmer lysmengden fra stjernen (objektet) som samles i fokusplanet. Yerkes teleskopet (1897) har en objektivdiameter på 102

cm, den største linsen som er blitt laget, brennvidden er 19,5 m. Den minste linsen (okularet) fungerer som lupe, den forstørrer bilde av objektet som ”legges ut på” netthinnen vår.



Tegningen viser hvordan objektivet øker lysmengden inn på øyets netthinne (UiA). De parallelle lysstrålene fra et objekt på himmelen brytes av objektivet og samles i fokusplanet, strålene går videre gjennom okularet og samles på netthinnen.



Figuren viser det reelle bilde (2) av objektet (1) i fokusplanet og det virtuelle bilde (3) sett gjennom okularet (bilde som dannes på netthinnen). Avstanden fra objektivet til objektet er normalt veldig stor, av den grunn vil det reelle bilde av objektet treffe fokusplanet. Observerer vi en stjerne vil objektet være et lyspunkt uten utstrekning. Objektet i figuren kan være Månen. Den ene lysstrålen som er tegnet kommer fra et punkt på Månens nord pol, den brytes ikke når den treffer i skjæringspunktet mellom teleskopaksen og objektivet. Den sorte strålen på figuren kommer også fra nord polen på Månen, den treffer linsen og brytes og skjærer den røde strålen fokusplanet. Det vil si at alle strålene fra Månens nord pol treffer i samme punkt fokusplanen.

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

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

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 punkt har ingen vinkelavstand. Forstørrer vi lyset fra et punkt 20x eller 1000x, har vi fortsatt et punkt. Et godt teleskop trenger nødvendigvis ikke ha stor forstørrelse.
Et godt teleskop derimot må ha god vinkelopløsning og stor lysfølsomhet (for observasjon av lyssvake stjerner). En god vinkelopløsning gir skarpe og detaljrike bilder. Er teleskopets lysfølsomhet stor vil vi kunne oppdage lyssvake objekter.

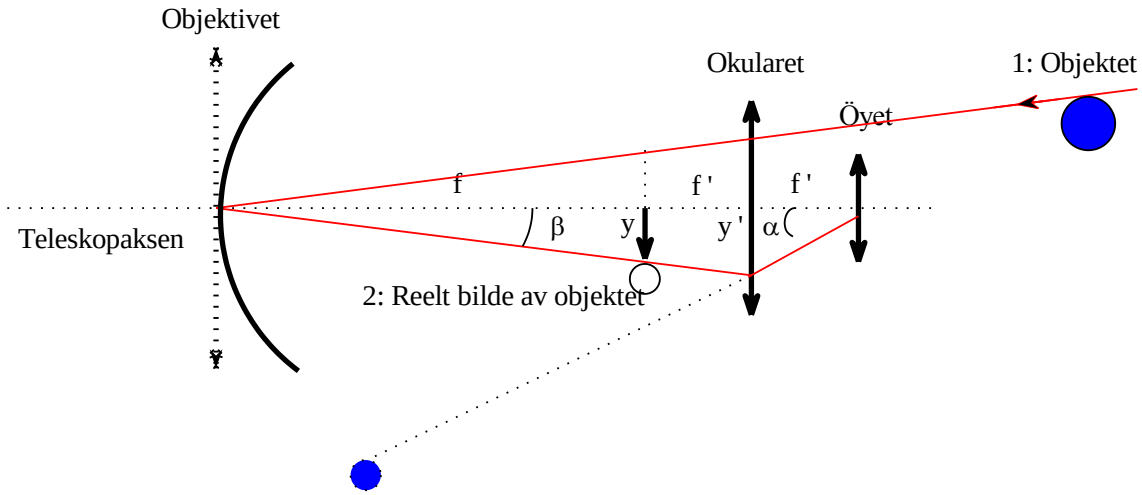
Teleskopets følsomhet er avhengig av diameteren eller arealet på objektivet. Øyet har relativ liten lysfølsomhet i forhold til teleskopet til Galilei. Galilei hadde et objektiv som hadde en diameter på 3 cm, øyets diameter er 5mm. Forholdet mellom de to arealene blir 36. Denne økningen av lysfølsomheten førte til at Galilei oppdaget de fire månene på Jupiter i 1610.

Linsefeil

Vi deler linsefeilene inn i to grupper: fargefeil (fargene brytes forskjellig, blått lys har større brytningsindeks enn rødt lys) og geometrisk feil (randstråler og sentralstråler har ikke samme fokusplan)

1.4 Reflektorteleskop (speilteleskop)

Objektivet) erstattes med et sfærisk speil (en del av en kuleflate). Brennvidden for dette speilet er halvparten radien i kula. Lyset fra objektet kommer nå inn fra høyre og treffer kuleflaten, lyset reflekteres tilbake og samles i fokusplanet.



Tegningen viser strålegangen i et speilteleskop (reflektor). Objektivet er erstattet med et speil. Speilet reflekter lysstrålen (innfallsvinkelen er lik refleksjonsvinkelen) Strålene fra objektet samler seg i fokusplanet for speilet.

Vinkelforstørrelsen for et speilteleskop er også gitt av forholdet mellom brennvidden for speilet og brennvidden for okularet. Lyset fra en stjerne blir ikke reflektert til et punkt i fokusplanet, men blir spredt utover et lite område. **Denne spredningen av lyset kalles for sfærisk aberrasjon, skal man unngår denne feilen må kulespeilet erstattes med et parabolspeil.**

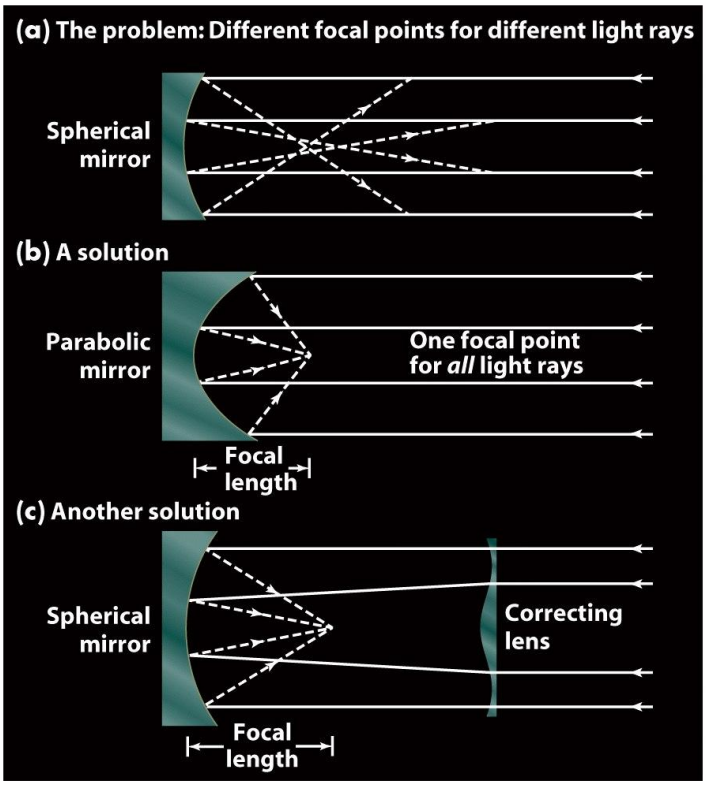
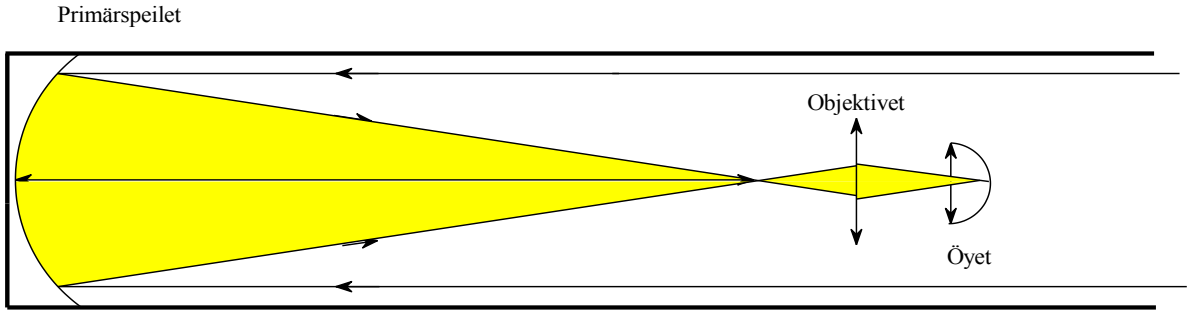


Figure 6-13
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Kulespeil og sfærisk aberrasjon

(a) En kuleflate er lett å slipe og polere, men lys som treffer en kule samles ikke i et punkt. Vi får et diffust bilde.
(b) Astronomene kan løse dette problemet på to måter: Ta i bruk parabolske speil
(c) Benytte korreksjonslinser. UiA reflektoren har korreksjonslinse (Schmides korreksjons linse) foran speilet.

1.5 Newton reflektoren



Figuren viser en skisse av et teleskop med observatøren inne i teleskopet. Observatøren skygger for deler av lyset som skal treffe primærspeilet. Isaac Newton (1668) var den første som løste dette problemet, han flyttet fokus (observatøren) ut av teleskopet ved hjelp av et plant speil. Speilet ble plassert foran fokus og 45 grader på teleskopaksen

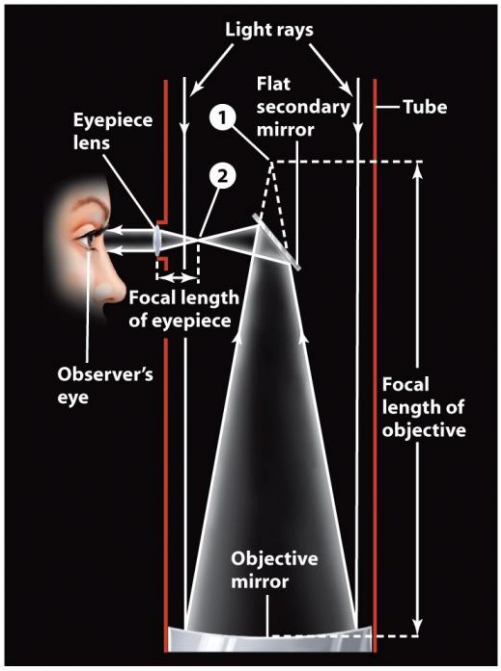
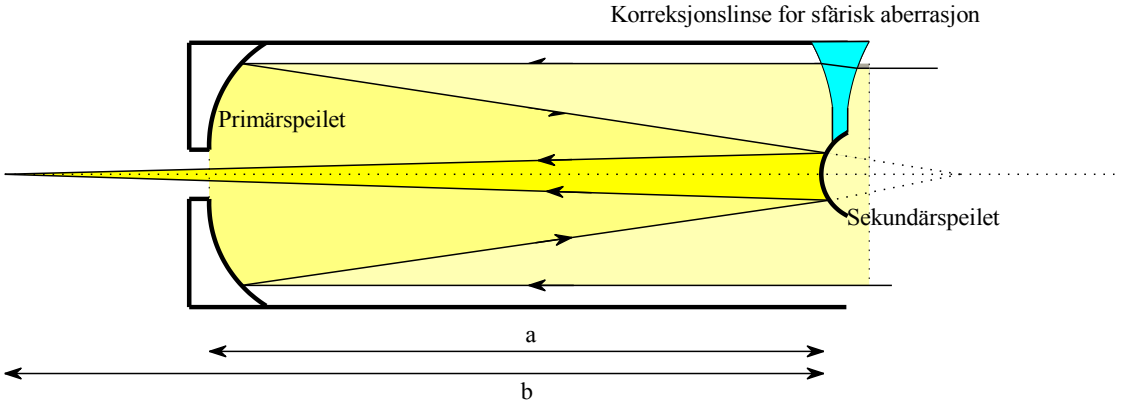


Figure 6-10a
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Newton reflektoren

Newton (1668) monterte et flatt speil foran speilet og førte fokus ut av "lysbøtta". Observatøren kunne stå på utsiden av teleskopet, her kunne han montere okularet og se på stjernene. Denne konstruksjonen kalles for Newton-reflektoren.
(a) Newton-reflektoren flytter bildet fra punkt 1 til punkt 2. Det flate speilet kalles for sekundærspeilet i teleskopet. Forstørrelsen er også her avhengig av okularet.

UiA-teleskopet og Hubble-teleskopet har ikke Newton fokus. Begge teleskopene er en Cassegrain konstruksjon med hull i primærspeilet. Strålene treffer først primærspeilet og reflekteres deretter til sekundærspeilet. Sekundærspeilet har en konveks overflate, som reflekterer lysstrålene og øker teleskopets fokuslengde. Strålene går ut gjennom hullet i primærspeilet og samler seg i et godt stykke bak teleskoprøret.

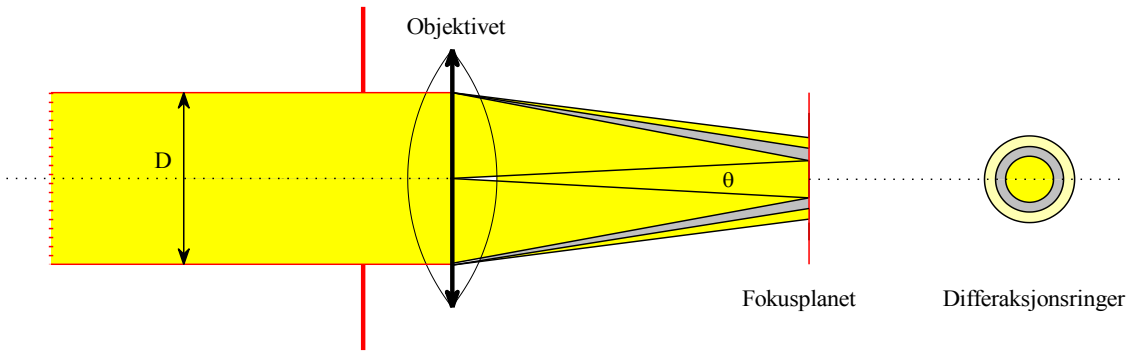


Figuren viser en skisse av et Schmidt-Cassegrain teleskop (UiA). *Teleskopet har en korreksjonslinse for sfærisk aberrasjon (Schmidt-linse)*

Det konvekse sekundærspeilet øker teleskopets fokuslengde (f=a+b). Det gamle UiA – teleskopet (1997) har en fokuslengde på 2500mm og en speildiameter (lysåpning) på 254 mm (10" : ti tommer) og en linse montert i teleskopåpningen som korrigerer for sfærisk aberrasjon (linsen dekker hele lysåpningen). **Hubble - teleskopet for eksempel trenger ikke denne linsen fordi primærspeilet har en perfekt parabolsk form**. Det nye teleskopet (2012) har en fokuslengde på 4064mm og en lysåpning på 406 mm (16 tommer)

1.6 Teleskopets diffraksjonsgrense

Lysets bølgenatur (diffraksjon i sirkulære hull) begrenser teleskopets evne til å observere detaljer i objektet. Teleskopet vil fordele lyset fra en stjerne (punktkilde) ut over en sirkelskive. Vinkeldiameteren for denne sirkelskiven (θ) kalles for teleskopets **diffraksjonsgrense**.

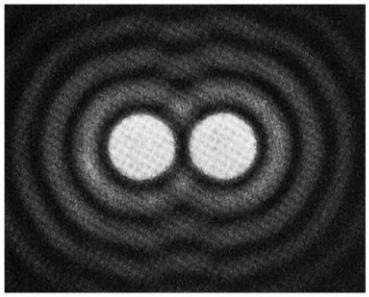


Figuren viser teleskopets sirkulære diffraksjonsgrense i fokusplanet (UiA)

Alle lysstrålene som passerer gjennom linsen (D) vil interferere med hverandre og danne et sirkulært diffraksjonsmønster (diffraksjonsringer). Sentralsirkelen har en vinkeldiameter gitt av utrykket:

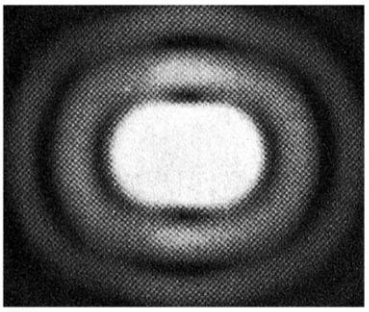
$$\theta = 2.5 \cdot 10^{5} \cdot \frac{\lambda}{D}$$

Formelen viser at teleskopets diffraksjonsgrense (enheten er buesekunder) er avhengig av lysets bølgelengde og diameteren (D) på speilet/linsen. I det optiske spektret bruker vi som regel bølgelengden λ = 660nm.
Øyets diffraksjonsgrense er 30" når pupillen åpningen er 5 mm (Oppgave 3a).
Oppløsningsevnen for henholdsvis UiA-teleskopet (D=254mm) og "Hubble Space Telescope" (D=2400mm) er henholdsvis 0,6" og 0,06". Det nye teleskopet har en oppløsning på 0,4 buesekund.



Two light sources with angular separation greater than angular resolution of telescope: Two sources easily distinguished

(a)



Light sources moved closer so that angular separation equals angular resolution of telescope: Just barely possible to tell that there are two sources

(b)

Figure 6-15
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

a) Bilde viser to lyskilder (stjerner) med en vinkelavstand større enn teleskopets diffraksjonsgrense. Vi sier at teleskopet har tilstrekkelig oppløsning til å se disse to stjernene. b) Ser vi de samme stjernene i et teleskop med større diffraksjonsgrense vil vi de to stjernene sees som en stjerne gjennom teleskopet.

Teleskopets evne til å se detaljer på himmelen er avhengig av teleskopets diffraksjonsgrense. Hubble teleskopet har en diameter som er 10 ganger større enn UiA teleskopet, det vil si at Hubble teleskopet har en diffraksjonsgrense som 10 ganger mindre enn UiA teleskopet. Et godt teleskop har god oppløsningsevne, kan se flere stjerner på himmelen.

1.7 Diffraksjonsgrensene og ”seeing” på La Palma

Turbulensen i atmosfæren over speilet smører ut detaljer, på samme måten som krusningen på overflaten av vannet visker ut synet av detaljer på bunnen av et svømmebasseng. Denne krusingen på vannets overflate kan sammenliknes med turbulenscellene i atmosfæren.
La Palma er et av de beste observasjonsstedene i verden, atmosfæren over teleskopene er som regel rolig og ren. Astronomene på det nordiske teleskopet (NOT-teleskopet) vurderte ”seeingen ”på besøksdagen til omtrent 0,7 buesekund, normalt varierer den fra 0,2” til 0,9”. Dette teleskopet kan altså se detaljer på himmelen som har en vinkeldiameter fra 0,2” til 0,9”.

William Herschel teleskopet på La Palma er utrustet med adaptiv optikk. Speilet som veier 16,5 tonn ”danser i takt” med turbulensen i atmosfæren. Speilet deformerer seg (forandrer form) flere hundre ganger pr sekund, deformasjonen er av størrelsesorden en mikrometer. Den adaptive optikken stabiliserer bildet og reduserer “seeingen” til størrelsen på turbulenscellene. Størrelsen på turbulenscellene over La Palma teleskopene varierer altså fra 0,2” til 0,9”.

Det ikke speilets diffraksjonsgrense men turbulensen i atmosfæren ("seeingen") over speilet som begrenser teleskopets oppløsningsevne. Solobservatoriet på La Palma (2002) har en oppløsningsevne som er sammenliknbar med speilets diffraksjonsgrense (0,2 buesekund).

Adaptiv optikk

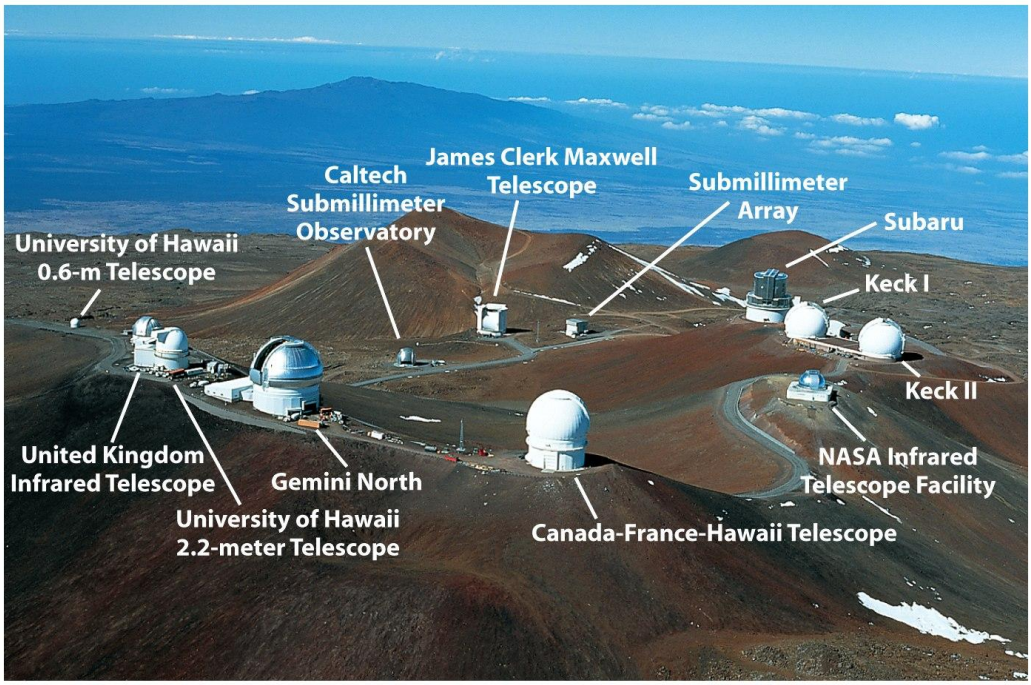
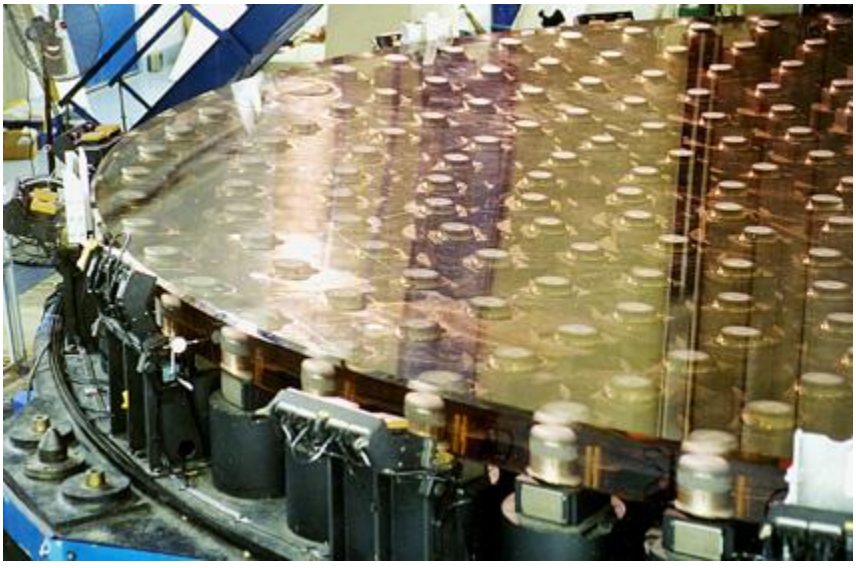


Figure 6-16
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Teleskopene på toppen av Mauna Kea/ Havaii
Mauna Kea er en utdødd vulkan som ligger mer enn 4100 m (13,400 ft) over Stillehavet. Nattehimmelen er uvanlig klar og mørk. Turbulensen i atmosfæren i denne høyden er minimal. God "seeing" betyr gode observasjonsforhold. Bilde viser de kraftige teleskopene

på Mauna Kea. Subaru teleskopet har adaptiv optikk, det vil si at speilet tilpasser seg de atmosfæriske forhold.

***Primærspeilet** til Subaru-teleskopet (på veien til Hawaii) har en **diameter på 8,2 meter**, men bare **20 centimeters tykkelse**. Støpe jobben tok 4 år. Bare poleringen tok hele 3 år. Så er det til gjengjeld nærmest perfekt. Eller hva synes du om et avvik på 0,000014 millimeter? Transporten fra New York til Hawaii var strabasiøs. Bilde viser at speilet dekket over 3 felter av veien det ble fraktet på. På vei opp til Mauna Kea måtte det meste plukkes ned langs veien. Transporten tok ett år. Minst en gang i måneden blir speilet kjørt på en skinnegang til «vaskeriet». Her blir det spylt med CO_2 i stedet for vann. Annet hvert år må det legges på nytt aluminiums belegg.*



*"Sengen" speilet hviler på har hele **261 bevegelige fingrer (eng: "actuators)**. Disse bevegelige "fingrene" er mekaniske stempler som endrer formen på speilet og stabiliserer bildet av stjernene.*

Figure 6-17
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Teleskoper med adaptiv optikk bruker en kunstig stjerne i synsfeltet. Strålen treffer **natrium** atomene 90 km over Jordens overflate og får dem til å gløde, en kunstig stjerne er dannet i atmosfæren. En sensor ("tracking") følger "stjernens" bevegelse ("twinkling"), denne bevegelsen blir overført til speilet og bildet av objektene stabiliseres. Vi ser laserstrålen over Yepun 8.2-meter teleskopet i Atacama ørkenen. (European Southern Observatory/Chile).

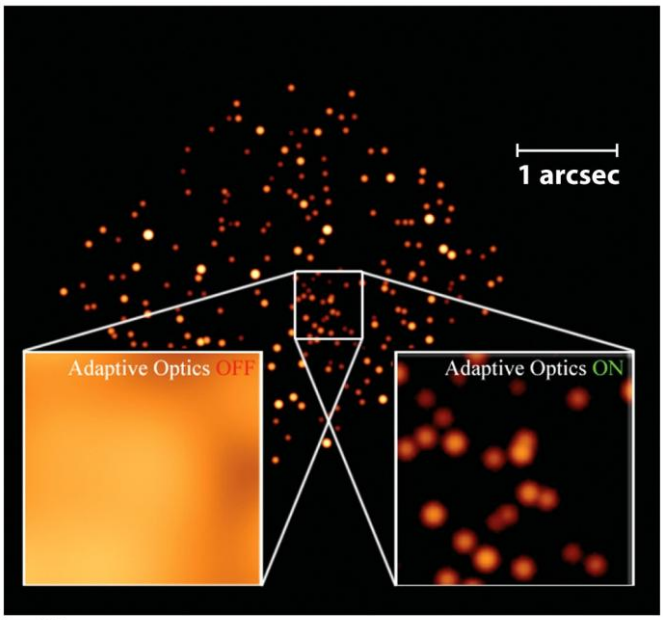


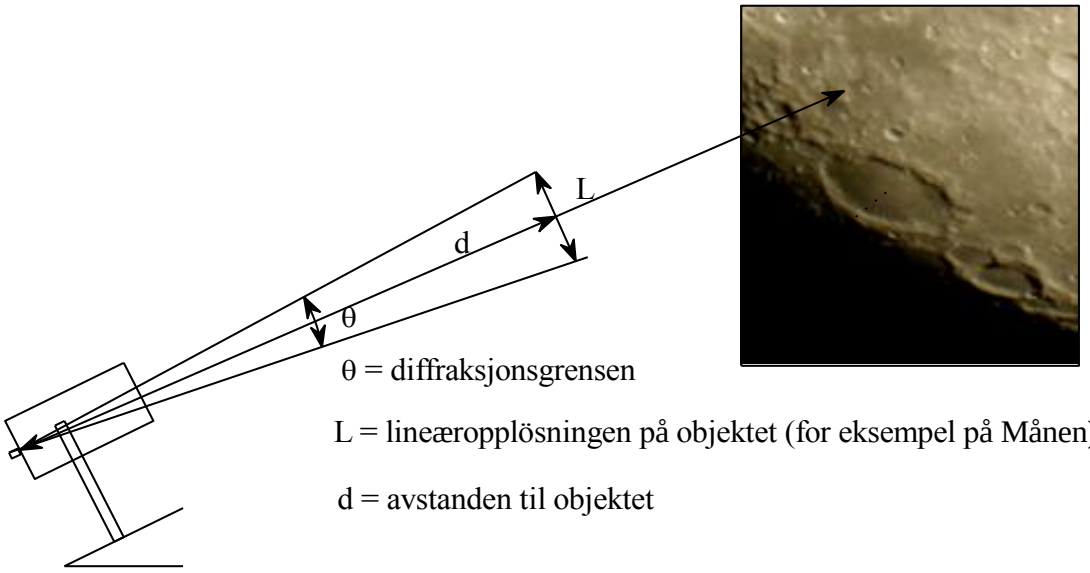
Figure 6-18
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Mauna Kea teleskopet Keck II (10.0m) har også montert adaptive optikk, bilde viser samme synsfelt (2 buesekund brett) med og uten den adaptive optikken. Teleskopet har observert i den infrarøde delen spekteret, fargene av den grunn falske. Uten den adoptive optikken er det umulig å se de individuelle stjernene i synsfeltet, det den adoptive optikken i funksjon kan vi se over 20 stjerner.

1.8 UiA teleskopet (10 tommeren) observerer detaljer på Månen (teleskopets lineære oppløsningsevne)

Formelen for de små vinkler
Det er teleskopets diffraksjonsgrense (når enheten er buesekunder (θ: tetta) og avstanden (d) til objektet (Månen for eksempel) som bestemmer teleskopets lineær oppløsning (L) på Månen. Sammenhengen mellom de tre størrelsene når diffraksjonsgrensevinkelen har buesekund som enhet:

$$\theta = 206265 \cdot \frac{L}{d}$$



Oppgitte størrelser: Avstanden til Månen: $d := 384000 \cdot km$ Vinkeloppløsningen: $\theta := 0.6$

Den lineære oppløsningen er: $L = \frac{\theta \cdot d}{206265} = \frac{0.6 \cdot 384000}{206265} \cdot km = 1 \cdot km$

Vi kan med UiA-reflektoren se detaljer på Månen som har en størrelse på en kilometer dersom vi ser bort fra turbulensen i atmosfæren (”seeingen” er lik null). **Ser vi på Månen uten teleskop vil detaljer mindre enn 56 km viskes ut** og vi ser bare lyse (kraterområdene) og mørke ("sjøene") områder på månens overflate.

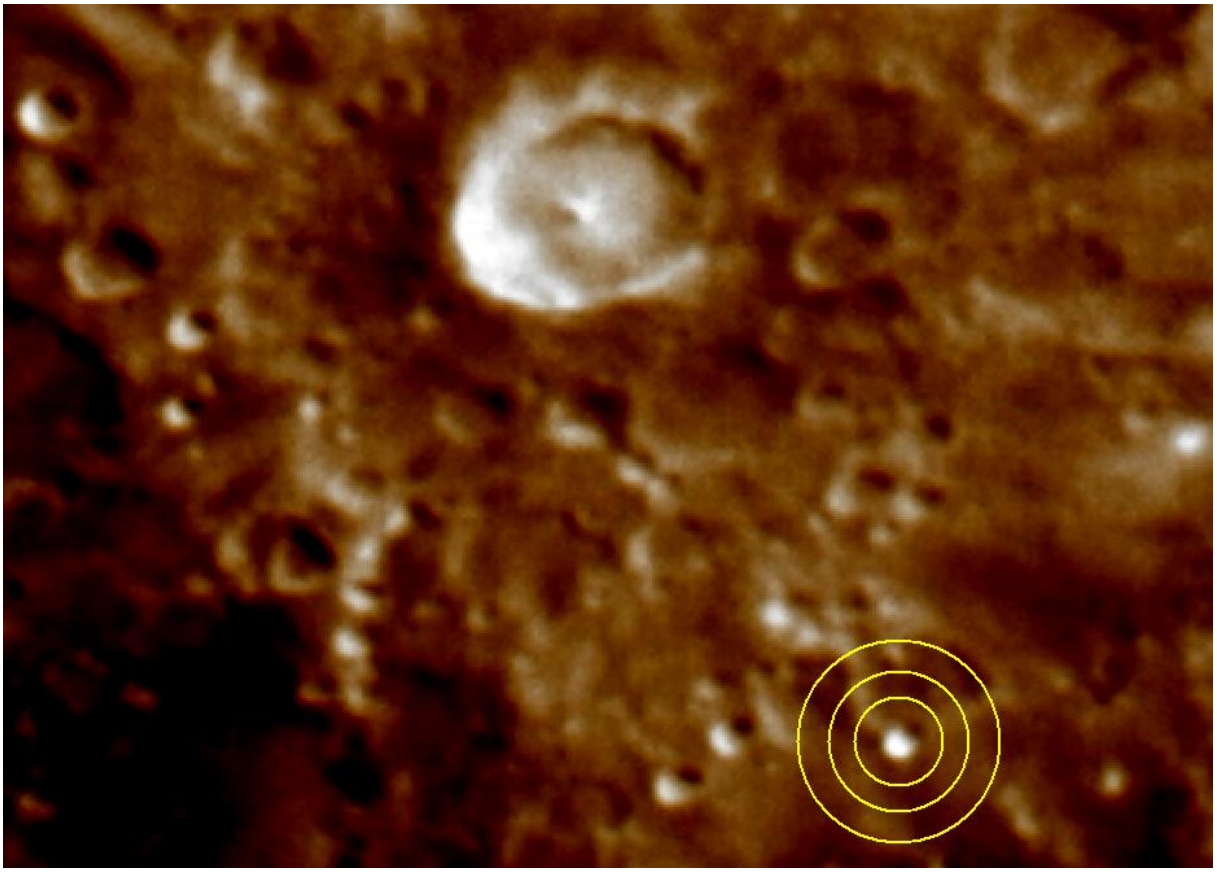
Det kan være vanskelig å gi et tall for "seeingen" over UiA når vi observerer. Har vi en "seeing" på 10 buesekunder vil vi klare å se de stjernene i Orion trapeset. Hvorfor? Fordi vinkelavstanden mellom stjernene i trapeset er ca. 10 buesekunder. Bruker vi formelen for de små vinkler kan vi se detaljer på Månen som har en størrelse på 18 km.

Månen i reflektorens fokusplan

Bildet har en pikseloppløsning 1km/piksel (UiA)

Sydøstlig del av Månen (sett fra Jorden) med Tycho krateret (100km i diameter) og Mare Humorum (390 km i diameter) sentralt i bildet. Bildet er tatt 21. april 2005 kl $22^h17^m11^s$ (3 dager før fullmåne). Bilde fra UiAs teleskopet (Meade 10") ble fokusert på CMOS-brikken til Canon-kameratet EOS 20D, lukketiden er 0,6s og ISO er 400. Lysstyrken (Digital Exposure Compensation: -2) i bildet er redusert.

Et elektronisk forstørret bilde av Tycho-krateret

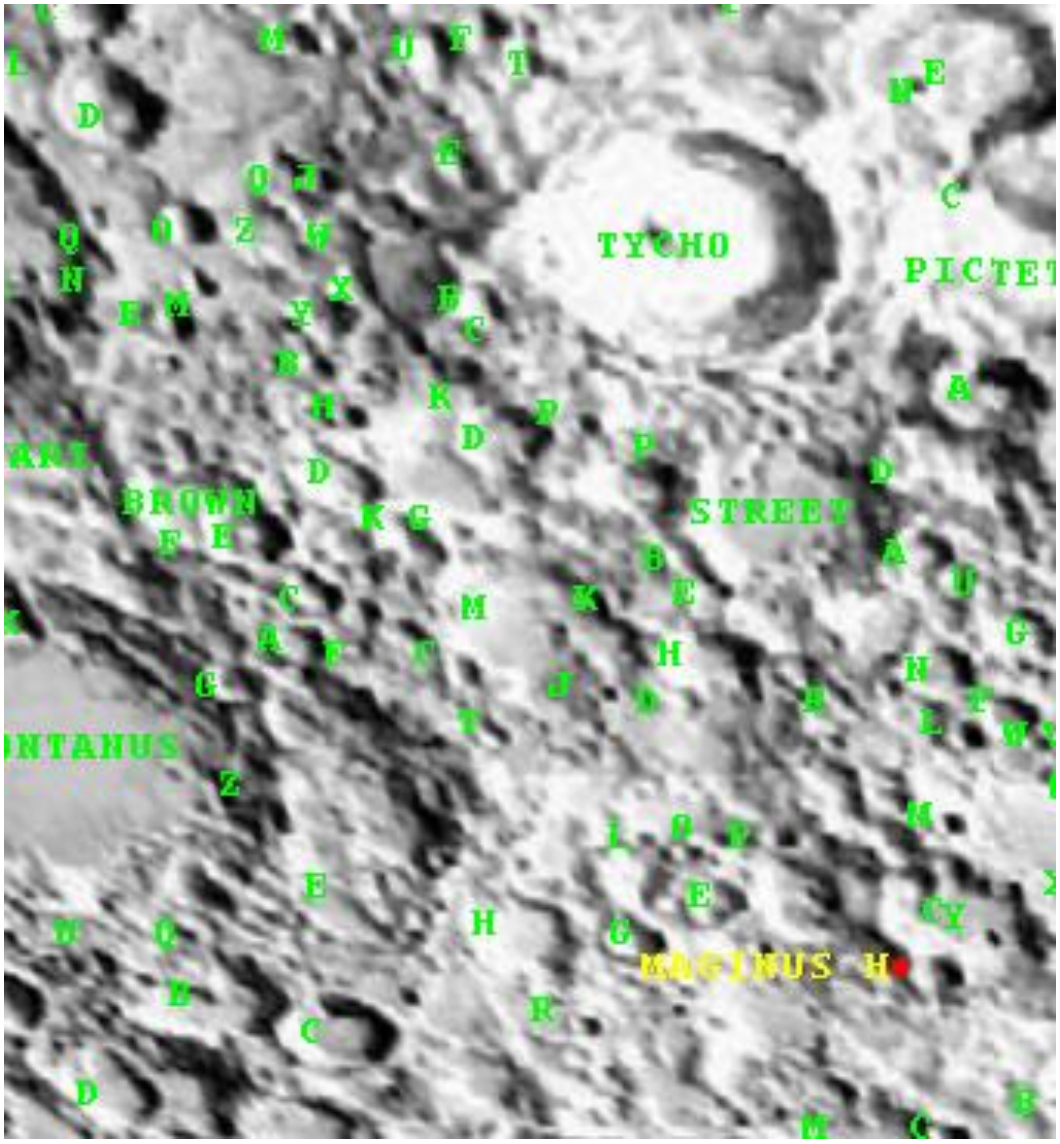


Bildet viser Tycho-krateret og krateret Maginus-H i sentrum av sirklene (UiA)

Bildet er kontrastbehandlet, histogrammet i det mørke området er justert, alle lys verdier mindre enn 10897 er satt til sort. Fjelltoppen i sentrum av Tycho-krateret er tydelig og observeres i sentrum av krateret. Øst-vest diameteren gjennom sentralfjellet ble målt til 100 piksler med en usikkerhet på 4 piksler, det vil si at bildet har en målestokk på: 1 km pr. piksel (krateret har en diameter på 100km). Legg merke til hvordan de mindre kratrene vises i bilde som små lysende skiver, krateret fungerer som en reflektor.

Identifisering av krateret ”reflektoren” Maginus-H

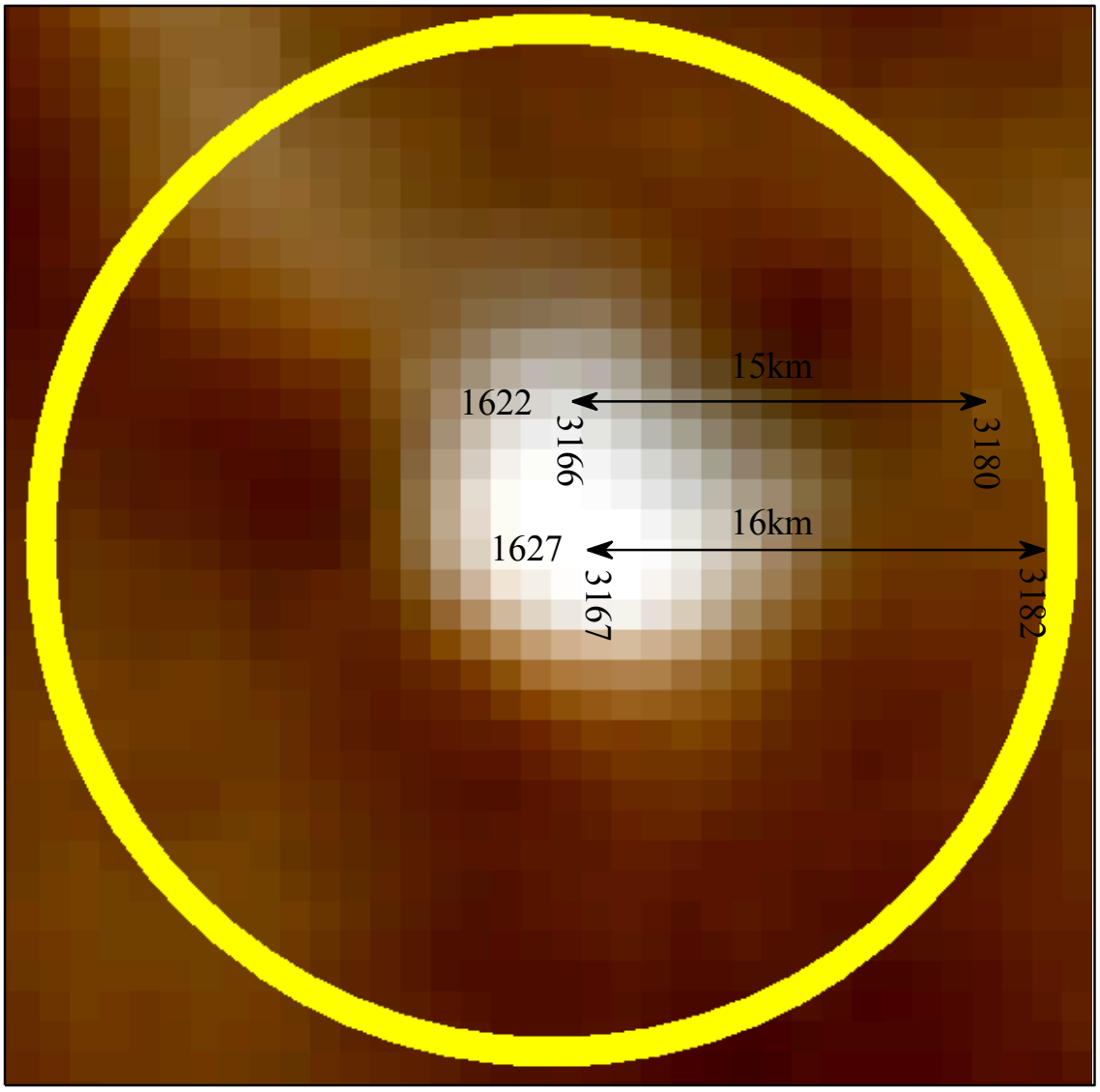
Benytter Virtueal Moon Atlas og finner at vår ”reflektor” i Bilde 1.2 er Maginus-H, krateret er oppkalt etter den italienske astronomen Giovanni A Magini og diameter på 15km.



Bildet viser Maginus-H krateret til høyre for rød trekant (Virtueal Moon Atlas)

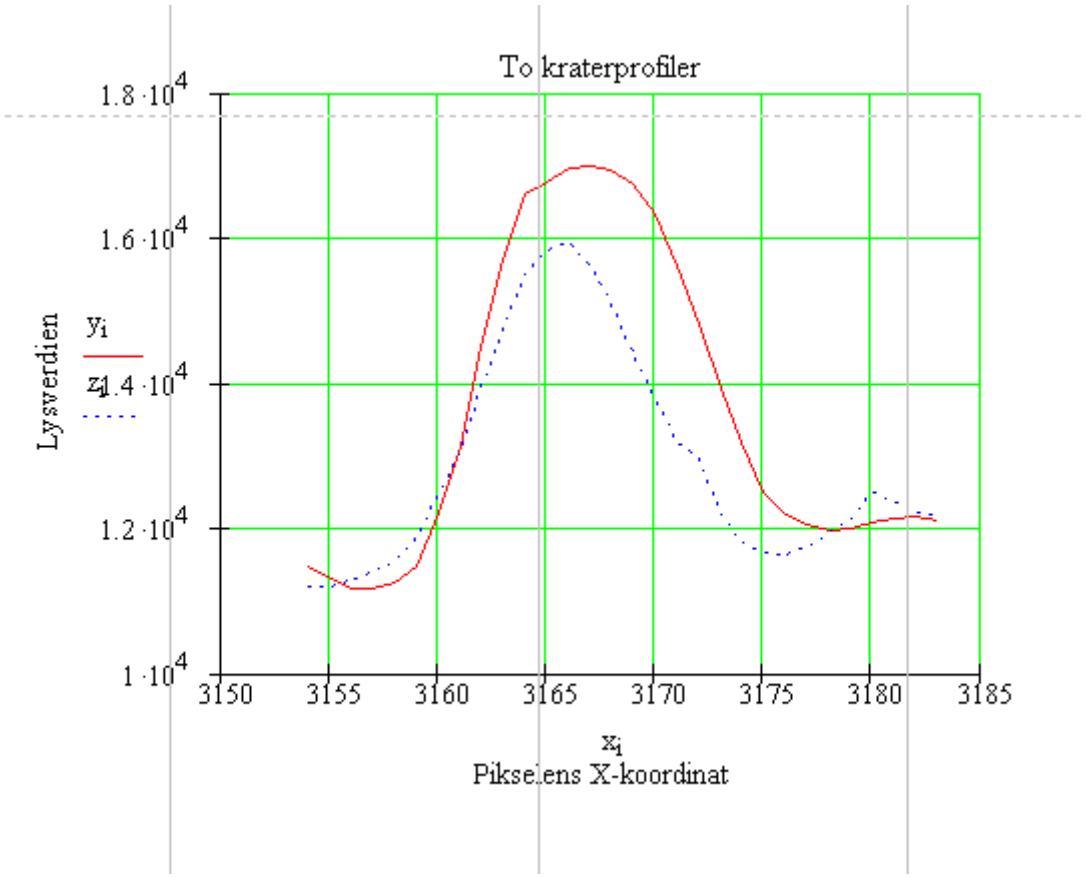
Beregning av diameteren for Maginus-H krateret

Sydvest (markert med tre konsentriske ringer) for Tycho-krateret ligger den kraftigste ”reflektoren”, legg merke til at dette krateret har en skygge øst for østlig kraterkant og øst for vestlig kraterkanten. Vi skal forstørre bildet begrenset av den innerste gule sirkelen ytterlige 8 ganger finne størrelsen på krateret.



Maginus-H krateret med elektronisk forstørrelse (18x) (UiA)

Bilde viser et elektronisk forstørret bilde av den kraftigste ”reflektoren” sydvest av Tycho. Bilde viser en skyggeeffekt på utsiden av krateret i øst (til venstre i bildet) og på innsiden av krateret i nordvest (høyre hjørne kant). Solen står i vest.



To øst-vest profiler av Maginus-H krateret (UiA)

Kurvene i figuren viser to kraterprofiler. Den ene grafen viser variasjon i lys verdi langs pikselraden 1622 (stiplet) og den andre gir variasjonen i lys verdi langs raden 1627. Profilene x-verdier varierer fra 3154 til 3183. Kraterets diameter defineres her som pikselavstanden mellom kraterprofilens to topp-punkter, denne avstanden er 16 piksler som tilsvarer 16 km. Usikkerheten er 1km, like teleskopet lineæroppløsning på Månen. Et resultat som er samsvar med oppgitt verdi måneatlaset

1.9 Teleskoper i bane rundt Jorden

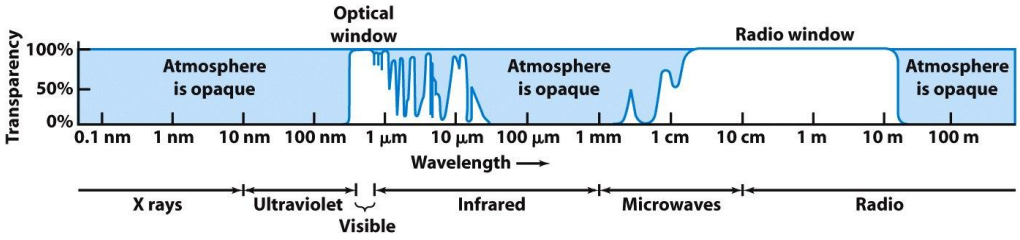


Figure 6-25
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Jordens atmosfære har "vinduer" som strålingen går gjennom

Grafen viser hvor mange prosent av strålingen på de forskjellige bølgelengder fra verdensrommet som kan passere gjennom Jordens atmosfære. Kurven viser radiovinduet (1cm til 10m) og det optiske vinduet. 100% av strålingen trenger gjennom disse vinduene. Kurven viser også et vindu i det infrarøde området av spekteret. Dette vinduet kalles for "near-infrared"-vinduet fordi det ligger nærmest den røde delen av det optiske spekteret. Det er vanndampen i luften som hindrer infrarød stråling å trenge gjennom atmosfæren De infrarøde teleskopene må derfor ligge på steder der luftfuktigheten er lav. Mauna Kea på Hawaii har liten fuktighet (se bildet i avsnittet om adaptiv optik), legg merke til vegetasjonen - lite vegetasjon liten fuktighet.
Grafen viser også tre bølgelengdeområder som ikke slipper stråling igjennom. ***Oksygenet (ozonet) og nitrogenet sørger for at stråling med mindre bølgelengder enn 290 nm ikke slipper igjennom.*** *I området mellom det optiske - og radiovinduet er det vanndampen og karbondioksyden som absorberer strålingen. Strålingen som har bølgelengder større enn 20m reflekteres tilbake til verdensrommet, det er de ioniserte gassene i den øvre atmosfæren som sørger for denne refleksjonen.*

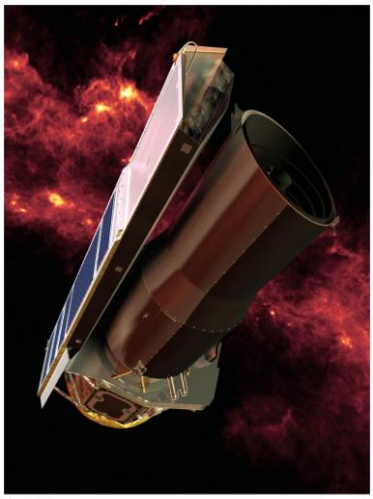


Figure 6-26
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Spitzer-teleskopet (2003) er et infrarødt teleskop("Spitzer Space Telescope")

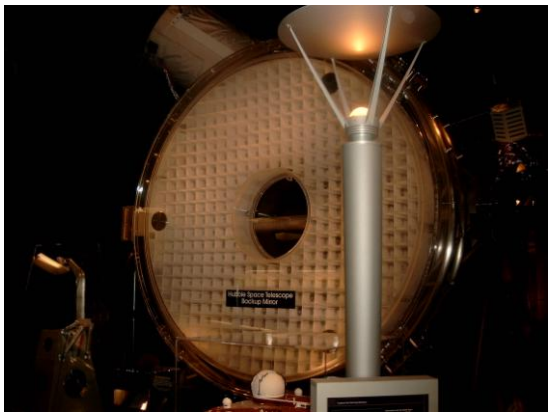
Spitzerteleskopet[2] (2003) er infrarøde teleskopet (85-cm) i rommet, teleskopet har tre instrumenter som kjøles ned av 360 liter flytende helium. Instrumentene mottar stråling på bølgelengdene fra 3 til 180 mikrometer

Spitzer-teleskopet er på jakt etter brune dverger (legemer som er større enn planter men mindre enn stjerner) og mørk materie.

Figure 6-28
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Hubbel-teleskopet (Hubbel Space Telescope (1990) Primærspeilet (2,4m))

Det største teleskopet som er plassert i bane rundt Jorden. HST er et samarbeidsprosjekt mellom NASA og ESA ("European Space Agency"). HST har oppdaget nye måner på Pluto, stjernefødsler og funnet at Universet utvider seg raskere enn tidligere antatt.



"Backup" speilet til Hubbelteleskopet, speilet er plassert på Smithsonien museet i Washington. **Speilet har ikke aberrasjon etter reparasjonen i 1993 (en justering på 1/50 av hårtykkelsen), det er kun diffraksjonsgrensen som bestemmer vinkeloppløsningen**. Før justeringen var vinkel-oppløsningen 1" og et tap i lysmengden på 50%. Etter justeringen var oppløsningsevne redusert til 0,1" og tapet i lysmengde var redusert til 30%.
I 1999 fikk Teleskopet en ny strømforsyning. (11 tonn; 13 meter; 580 km over Jordens overflate; 28000km/t). Fikk nytt kamera i 2009. Observerer i et stort bølgelengdeområde: Fra 115 nm til 1 mm.

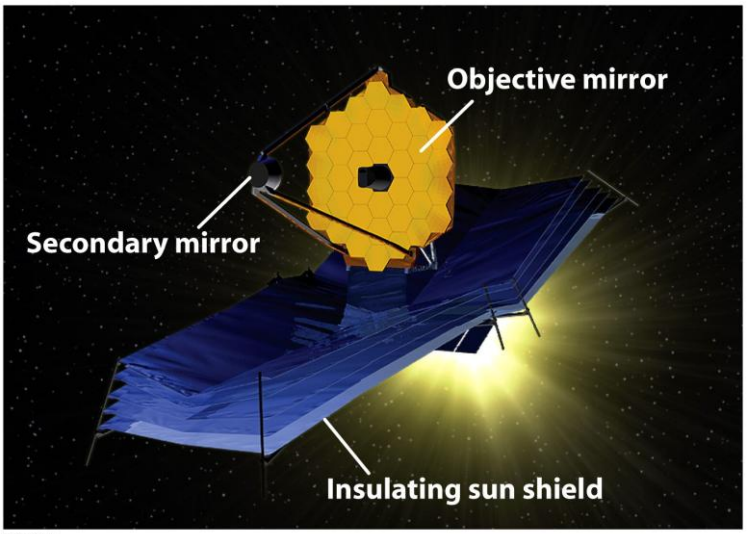


Figure 6-29
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Webb-teleskopet et infrarødt teleskop (“The James Webb Space Telescope” (JWST))
Skal sendes opp i 2018 ??, teleskopet samler 6 ganger mer stråling enn Hubbelteleskopet og kjøles ned av en stor skjerm med et areal som tilsvarer 1 tennisbane (ikke flytende helium). Skjermen skal hindre at sollyset treffer teleskopet. Teleskopet vil bli plasser 1,5 millioner km fra Jorden (Lagrangepunktet) og vil gå i en bane rundt Sola.. JWST vil få et primærspeil på 6,5m (diameter) Cassegrain fokus (hull i objektivspeilet)

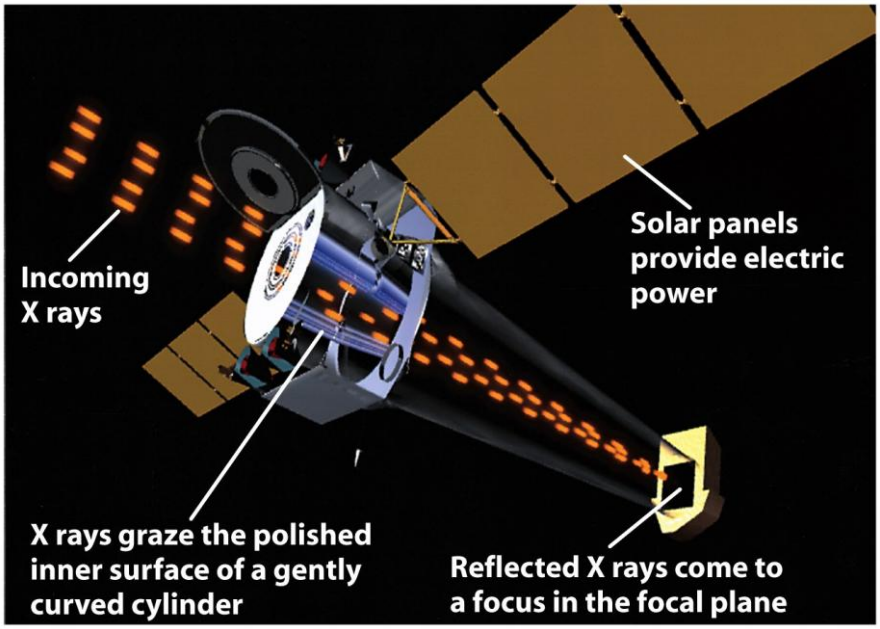
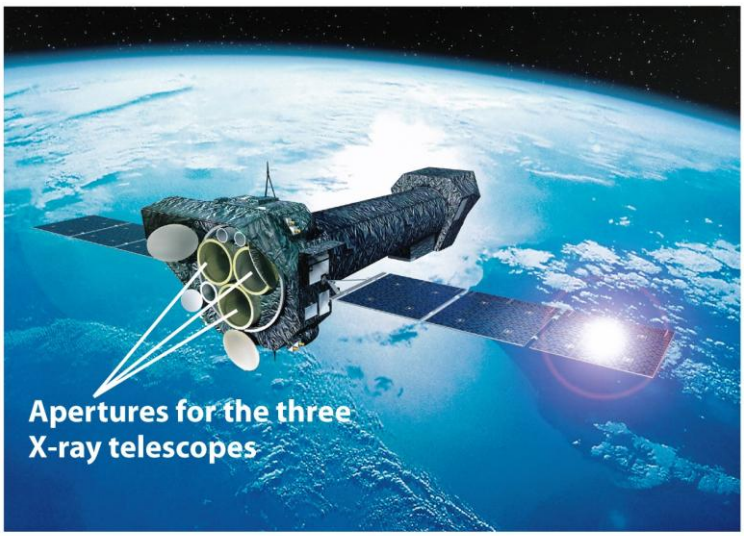


Figure 6-30a
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

Chandra- observatory (1999) (“Two Orbiting X-Ray Observatories”)
Første gangen røntgenstråling ble oppdaget på Sola var i 1940, det var raketter høyt oppe i atmosfæren som oppdaget denne strålingen i Solens korona. På syttitallet ble flere røntgenobservatorier skutt opp i rommet, de fant stjerner som sendte ut såkalte ”X-rays burst”. Korte, uregelmessig og intens røntgenstråling. Bilde viser Chandra observatoriet (0,5”) oppkalt etter Chandrasekar (indisk - amerikaner). X-teleskoper kan ikke ha vanlige speil fordi

strålingen vekselvirker (absorberes) av speilet. Strålingen fokuseres i en kurvet sylinder og samler seg 10 meter bak "speilet". Teleskopet kan registrere tidsvariasjoner i strålingen helt ned til 16 mikrosekund.



XMM-Newton

Figure 6-30b
Universe, Eighth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

XMM-Newton teleskopet er ett av de to teleskopene som observerer røntgen stråling (X-ray). XMM-Newton samler 5 ganger mer stråling enn det andre (Chandra-teleskopet), men oppløsningsevnen var mindre (6"), Chandra (0,5")

1.10 Aktiviteter

1. Kjør animasjonen og studer Newton teleskopet, Cassegrain teleskopet og Coude teleskopet. Kan du si litt om fordeler og ulemper med disse forskjellige teleskoptypene.
2. Studere bildet a galaksen M82 på dette nettstedet. Bildet viser tre bilder i ett bilde. De tre bildene er tatt a Spitzer, Hubble og Chandra. Bildet markerer at Hubble har vært 16 år I rommet. "Dette vil Spitzer og Chandra feire sammen med Hubbel".
3. Benytt Sky Map og finn vinkeldiameteren mellom stjernene i Orion trapeset (M42).

1.11 Observasjonsoppgaver

1. Vi kan kontrollere observasjonsforholdene ("seeingen") ved observasjon av dobbeltstjerner. Det forutsettes at vinkelavstanden mellom stjernene er kjent.

1.12 Regneoppgaver

Oppgave 1: UiA refraktoren har en brennvidde på 400 mm og en linsediameter på 8,0 cm (3,15": 3,15 tommer)

a) Bestem teleskopets diffraksjonsgrense for bølgelengden 600 nm.

b) Okularene som benyttes har forskjellig brennvidde: 40 mm, 26 mm, 12 mm og 6,4 mm. Finn er teleskopets vinkelforstørrelse for disse okularene.

Oppgave 2: Vi erstatter refraktoren i oppgave 1 med UiA reflektoren på 10" og svar på de samme spørsmålene. Vi benytter de samme okularene som i oppgave 1. Den nye brennvidden er 10 ganger lysåpningen.

Oppgave 3:

a. Finn diffraksjonsgrensen for øyet når lyset har bølgelengden 600 nm. Sett øyelinsens diameter til 5mm.

b. To teleskoper i Chile er koplet sammen og har en grunnlinje på 85 m, det vil si at de to teleskopene har en oppløsning som tilsvarer et teleskop med diameter på 85 m. Finn diffraksjonsgrensen.

Oppgave 4:

Finn diffraksjonsgrensen til radaren til Reber. Han benyttet bølgelengden 1,9 m og en paraboldiameter på 10 m.

Oppgave 5

Finn størrelsen på de minste detaljene (lineære oppløsningsevnen) vi kan se på Sola når "seeingen" er 5 buesekunder

Oppgave 6

Hvor mye mer lys fager Hubble teleskopet inn sammenliknet med UiA teleskopet? Diameteren Hubble teleskopet er omtrent 10 større enn UiA teleskopet.

Oppgave 7

Solobservatoriet på La Palma har en diameter på 1 meter, finn teleskopets diffraksjonsgrense.

Fasit med løsningsforslag

Oppgave 1 $3.15 \cdot in = 8.001 cm$ $\lambda := 600 \cdot 10^{-9} \cdot m$ $D := 0.080 \cdot m$

a) Diffraksjonsgrensen (buesekunder) $\theta := 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 2$

$f := 400 \cdot cm$ $f_1 := 40 \cdot mm$ $f_2 := 24 \cdot mm$ $f_3 := 12 \cdot mm$ $f_4 := 6.4 \cdot mm$

b) Vinkelforstørrelsen: $\frac{f}{f_1} = 100$ $\frac{f}{f_2} = 167$ $\frac{f}{f_3} = 333$ $\frac{f}{f_4} = 625$

Forstørrelsen er en faktor 10 for stor

Oppgave 2 $10 \cdot in = 25.4 cm$ $\lambda := 600 \cdot 10^{-9} \cdot m$ $D := 0.255 \cdot m$

a) Diffraksjonsgrensen (buesekunder) $\theta := 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 0.6$

$f := 10 \cdot cm$ $f_1 := 40 \cdot mm$ $f_2 := 24 \cdot mm$ $f_3 := 12 \cdot mm$ $f_4 := 6.4 \cdot mm$

b) Vinkelforstørrelsen: $\frac{f}{f_1} = 64$ $\frac{f}{f_2} = 106$ $\frac{f}{f_3} = 212$ $\frac{f}{f_4} = 398$

Oppgave 3

Diffraksjonsgrensen (buesekunder) $D := 5 \cdot mm$ $\theta := 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 30$

Diffraksjonsgrensen (buesekunder) $D := 200 \cdot m$ $\theta := 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 7.5 \times 10^{-4}$

$\theta = 0.0008$

Oppgave 4

$\lambda := 1.9 \cdot m$

Diffraksjonsgrensen (buesekunder) $D := 10 \cdot m$ $\theta := 2.5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 47500$

Diffraksjonsgrensen (grader) $D := 10 \cdot m$ $\theta := \frac{2.5 \cdot 10^5}{60 \cdot 60} \cdot \frac{\lambda}{D}$ $\theta = 13$