# Innhold

## Innhold


**1 LEKSJON 1: BLI KJENT PÅ STJERNEHIMMELEN ..... 2**

**1.1 STJERNEFORSKEREN TYCHO BRAHE ..... 2**
**1.2 OBSERVASJON OG UNDRING ..... 4**
**1.3 INFORMASJON OM STJERNENE VI KAN OBSERVERE PÅ HIMMELEN ..... 8**
1.4 STJERNENE VI SER PÅ HIMMELEN KAN DELES INN I 4 GRUPPER ..... 8
**1.5 OBSERVASJON AV PLEIADENE ..... 10**
1.6 STJERNEBILDET ORION ..... 10
**1.7 VEIEN TIL ANDROMEDA GALAKSEN ..... 12**
**1.8 VINKELAVSTANDEN OG FORMELEN FOR DE SMÅ VINKLER ..... 12**
**1.9 ASTRONOMISKE AVSTANDER HAR SOM REGEL ENHETEN LYSÅR ELLER PARSEC ..... 14**
**1.10 OPPGAVER ..... 15**


# Innledning

Opplegget tar i bruk litt fysikk og matematikk, disse fagene er nyttige når vi skal formidle kunnskap om verdensrommet som vi er en del av. Erfaringene viser at astronomistudentene liker å se fysikk og matematikk anvendt i astronomien, studentene opplever økt forståelse av de involverte fagdisipliner. Regneoppgavene i dette kurset vil ta utgangspunkt i enkle modeller som tilnærmet beskriver virkeligheten. Vi tror at enkel modellering av naturen kan gi økt forståelse og lyst til å arbeide mer med stoffet.

En oppdatering av leksjonene i dette kurset finner du på nettstedet http://verdensrommet.org

Undervisningen er forskningsbasert, den tar utgangspunkt i de observasjonene som de astronomiske modellene baserer seg på. De hypotesene som modellene baserer blir beskrevet og de aktuelle begrepene som blir benyttet blir definert. Leksjonene har ofte en kort beskrivelsen av historien bak modellen. Erfaringen viser at studentene er viser interesse for vitenskapshistorie og de blir inspirert av den enorme arbeidet som mange astronomer har utført gjennom et langt liv. Astronomien i dag kan takke sine antikke greske filosofer for den trangen de hadde til å finne årsaken til det de observerte. I denne sammenheng er den greske astronomen Eratosthenes omkring 200 år før Kristi fødsel et godt eksempel, han beregnet jordens omkrets med imponerende nøyaktighet

I dag lever vi i astronomiens gullalder, vi har i de siste årene hatt en enorm utvikling takket være ny teknologi og dyktige fagfolk. Det er denne er denne søken etter forståelsen av Universet som driver astronomene framover i sitt arbeid. Der finnes mange spørsmål som ikke er besvart, utfordringene står i kø bokstavelig talt. Det er ønskelig at dette kurset kan gi et glimt av de uløste problemene som astronomene i dag forsøker å løse.

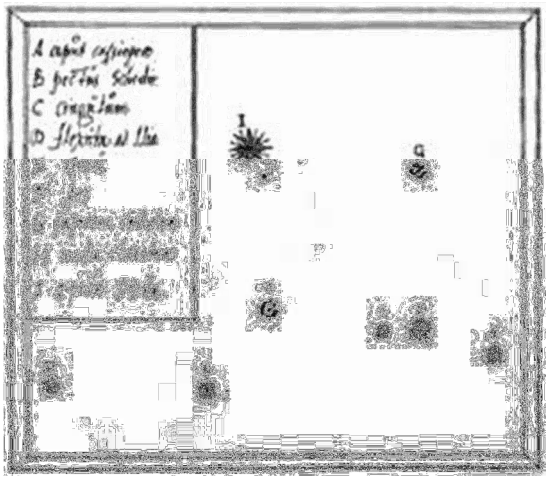
Studentene vil få anledning til selv å observere flere av de kjente objektene som står beskrevet i leksjonene. Erfaringen viser at studenter liker å se virkelige bilder av kjente og ukjente himmellegemer. Universitet i Agder vil i løpet av våren få nytt teleskop under kuppelen. Observatoriet skal åpnes offisielt under Venus passasjen 6. juni 2012 .

Vi anbefaler læreboken Universe, 9e med tilhørende DVD “Starry Night Enthusiast version 6.3. Vi henter også undervisningsmateriell fra stjerneprogrammene: SkyMap 11 og Starry Night Astrophoto

# 1 Leksjon 1: Bli kjent på stjernehimmelen

## 1.1 Stjerneforskeren Tycho Brahe

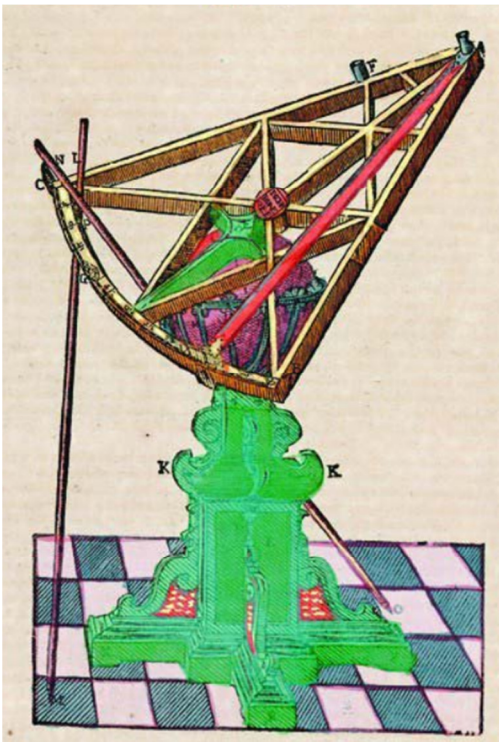
I dette avsnittet skal vi gå helt tilbake til 11. november 1572, stedet er Herrevads kloster i Skåne. Her bodde en dansk adelsmann, han oppdaget en ny stjerne i Kassiopeia ved sekstiden om kvelden 11. november 1572, han drog straks til observatoriet i den gamle klosterbygningen og startet observasjoner med sekstanten. Han fant etter noen dagers observasjoner at stjernen ikke beveget seg i forhold til de andre stjernene i Kassiopeia, det var altså ingen komet han hadde oppdaget.



*Bildet er hentet fra boken "De nova stella" (1573). Tegningen som Tycho Brahe har laget viser posisjonen til den nye stjernen i forhold til de åtte stjernene i Kassiopeia. Den nye stjernen dukket opp rett syd for stjernen kappa Kassiopeia. Tycho Brahe har antagelig tegnet stjernene i Kassiopeia etter midnatt, stjernebildet stod da høyt på himmelen, ca 57 grader over horisonten. Skissen baserer seg på målingene med Herrevads sekstanten. Denne sekstanten gikk fort ut på dato, Tychos vurdering av sekstanten var den var enkel og billig.*

Den nye stjernen måtte befinne på stjernekula utenfor Månekula og planetkulene fordi han oppdaget innen parallakse i løpet av ett døgn. Parallaksen er stjernens bevegelse på himmelen i løpet av tiden det tar himmelkula å rotere en gang rundt Jorda. Tycho var forsiktig i sin tolkning av sin oppdagelse, han mente at den nye stjernen var et guddommelig tegn uten innflytelse på de 8 himmelkulene som teorien til Aristoteles baserte seg på.
**Oppdagelsen av den nye stjernen i Kassiopeia førte til endring av den tradisjonelle forståelsen av Universet**, oppdagelsen slo sprekker i teorien til Aristoteles som mente at stjernekula vil til alle tider være uforanderlig. Denne teorien hadde dominert den vestlige tenkningen i nesten 2000 år.
Tycho Brahe fortalte om den nye stjernen til den danske professor Johannes Pratensis. Tycho ble oppfordret av professoren til å publisere sine oppdagelser. Vitenskapsmannen fra Skåne avslo fordi bokskriving ikke var en aktivitet for adelsmenn. Våren 1573 fikk professoren stjerneforskeren på andre tanker, han sendte Tycho noen artikler skrevet av observatører i Europa. Ved gjennomlesning fant Tycho Brahe så mange feil at han bestemte seg for å skrive en bok om den nye stjernen. Boken "de nova stella" vakte stor oppsikt i de astronomiske kretsene i Europa. Han var ønsket som foreleser i astronomi ved universitet i København. Astronomen avslo i første omgang fordi det var under en adelsmanns verdighet å undervise ved et universitet. Tycho Brahe dro til København 23. september 1574 og gjennomførte sin første forelesning. Dette kunne han gjøre fordi Fredrik II hadde godtatt at adelskap og forskning kunne forenes.

*Adelsmannen Tycho Brahe, 26 år gammel*

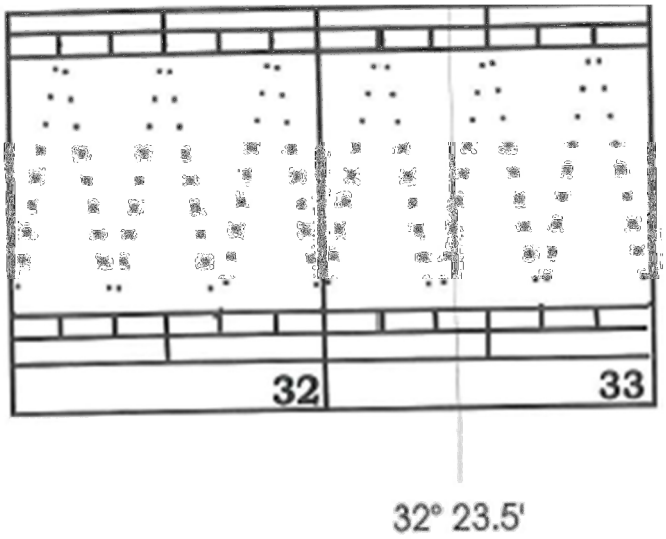


*Den astronomiske sekstanten til Tycho Brahe*

Tycho Brahe mottok på et brev 11. februar 1576, avsenderen var kong Fredrik 2. Brevet var en invitasjon, kongen hadde et ønske om å treffe stjerneforskeren umiddelbart. Tycho dro med en gang fra Knutstrups i gård på Skåne til kongens jaktslott (Ibstrup) på Sjælland, her fortalte han om sin flytteplan til Basel. Kongen likte ikke planen til stjerneforskeren og ville at vitenskapsmannen skulle slå seg ned i Danmark. Han fikk tilbud om å slå seg ned på øya Ven i Øresund. Kongen hadde øya Ven og Tycho Brahe i tankene da han besøkte Kronborg slott (1574-1585) i byggeperioden. Fra Kronborg kunne kongen se øya Ven i horisonten rett syd for slottet. På denne øya kunne vitenskapsmannen observere i fred og ro tenkte kongen.

Tycho Brahe slo seg ned på øya Ven i 1576 og satt i gang å bygge et observatorium som det tok 4 år å bygge. Det var Kong Fredrik 2 som finansierte observatoriet og alle instrumentene som kunne måle vinkelen mellom stjernene og plantene med en nøyaktighet som ingen andre astronomer i Europa på den tiden kunne matche.

Den astronomiske sekstanten ble primært brukt til å måle vinkelavstanden mellom stjernene, men ble også brukt til å måle planethøydene. Planetene sett fra Ven fikk aldri en større høyde enn 60 grader. Tycho var veldig fornøyd med denne sekstanten, ”den løste Opgaven eksakt uden Usikkerhed” som han selv uttrykker det i sin bok “Mechanic”. Tycho Brahe han har selv konstruert transversalinndelingen, **den gir en usikkerhet på en fjerdedels minutt.** Buen og sikteanordningen var lagt i messing. Sekantens sider var 155cm. Sekstanten var festet til en globus laget av kopper (diameter 52cm). Globusen kunne dreies i alle retninger, det var nødvendig når observatørene (to stykker) skulle finne planet mellom de to stjernene.

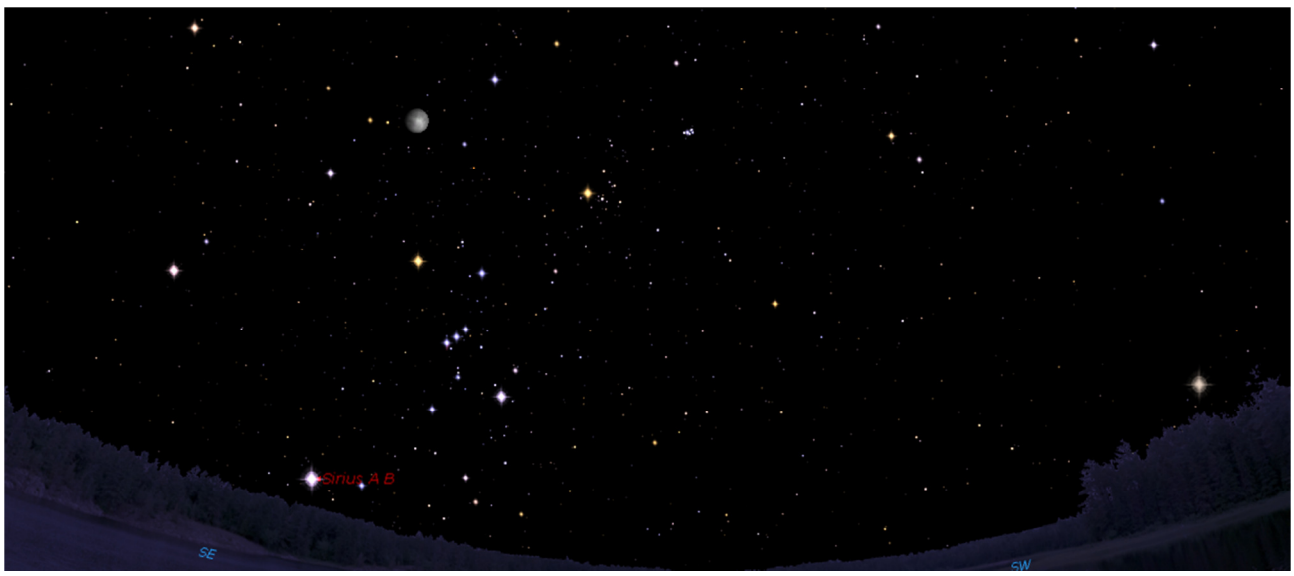



*Alle skalaene hadde Tychos transversalsystem. Transversalsystemet hadde en avlesningsnøyaktighet på 0,25 bueminutt*

Tycho Brahe utviklet et helt spesielt siktesystem. Plata nærmest øyet hadde to parallelle spalter. Avstanden mellom spaltene var lik diameteren på sylinderen. Denne sylinderen ble plassert i sentrum av sekstanten Retningen til stjernen ble avlest når samme stjerne ble sett gjennom begge spaltene.
I boken "Mechanica" skriver Tycho Brahe følgende:
"Og det undrer jeg mig virkelig over, at de tidligere Astronomer ikke har lagt Mærke til, saa at de ikke paa anden Maade har raadet Bod paa denne Ulempe. Da en udmærket Astronom [Paul Wittich] for nogle Aar siden for at se paa mine Instrumenter efter en lang Rejse var kommet paa Besøg hos mig og havde gjort sig bekendt med denne saare bekvemme Metode til at iagttage Stjerner gennem Sprækker anordnede paa denne Maade, udstødte han et jubelraab og forsikrede, at han nu havde lært en Ting at kende, som han tidligere i mange Aar forgæves havde sukket efter, og han lykønskede sig selv til, at han alene af den Grund ikke var kommet forgæves til Danmark, og senere, da han kom til Kassel, anvendte han, saa godt det lod sig gøre, denne Metode paa Landgrevens Instrumenter…"
Dette var litt om stjerneforskeren Tycho Brahe, han målte vinklene mellom stjernen og planetene, fant deres posisjoner. **I dag vet vi at observasjonsresultatene til den danske stjerneforskeren førte til Keplers lover og Newtons lover**.

## 1.2 Observasjon og undring

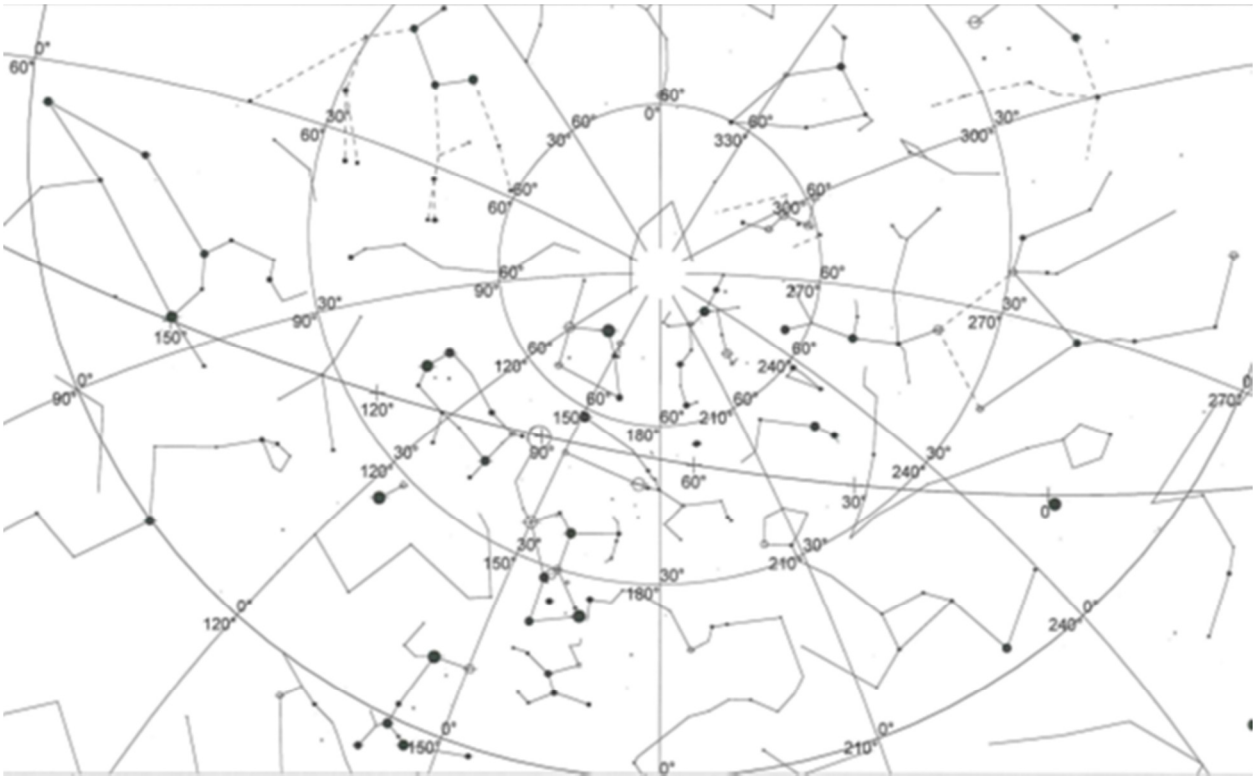
### Aktivitet 1 Bli kjent med januar himmelen




*Stjernehimmelen (mot syd) over Kristiansand 17. januar 2011 klokken 2100 (SNS/TP)*

a) Finn fram til stjernene Sirius i Store Hund, Betelgeuze og Rigel i Orion, Orions belte, Pollux i Tvillingene, Aldebaran i Tyren og Procyon i Lille Hund (hjelpemidler: Starry Night, Sky Map, Universe)
b) Hvor stor er vinkelavstanden mellom Månen og Pleidene. Tips: der er 90 grader mellom kompasskursene sydøst (SE) og sysvest (SW).

## Aktivitet 2 Planisfæren

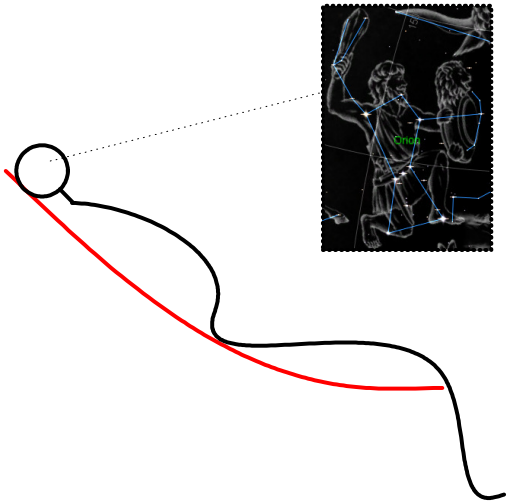


SkyMap 11 PC-fysikklaboratoriet

**a)** Benytt Planisfæren og finn stjernehimmelen over Kristiansand 17. januar 2011 kl 2100 **og** finn stjernebildene: Væren, Tyren, Tvillingene, Krepsen, Løven, Jomfruen, Vekten, Skorpionen, Skytten, Vannmannen, Fiskene, Store Bjørn, Lille Bjørn, Kassiopeia, Pegasus.
**b)** Ta i bruk stjernekartet (over) og marker stjernebildene i a)
c) Finn horisonten og Ekliptikken. Finn Zenith. Finn Nord, Øst, Syd og Vest.
d) Finn Regulus, Pollux, Procyon, Betelgeuse, Sirius, Aldebaran, Orion tåka (M42), Rigel, Mira, Nordstjernen (Polaris).
e) Et av de 12 stjernebildene i Dyrekretsen er ikke levende vesen. Hvilket?

## Aktivitet 3 Tid for undring

Tenk at du ligger i en strandstol på et øde sted uten lysforurensning (for eksempel i ørken, langt inne på fjellet eller et sted i ditt nærområde). Det er vinter i Norge, du stirrer mot Sirius, den er lyssterk og ligger alltid øst for Orion og lavere på himmelen. Kanskje du kan se enkelte meteorer som stjerneskudd på himmelen.
I tusen av år har menneskene stirret på himmelen og undret seg over det de ser. Hva er det vi ser? Tycho Brahe. Han oppdaget en ”nye stjerne” i Kassiopeia (11. november 1572), denne opplevelsen førte til at stjerneforskeren Tyco Brahe ”ble vekket” og hans forskningsresultater fikk store konsekvenser for det gamle geosentriske verdensbildet.
.



Eleven i strandstolen studerer stjernebildet Orion (SS og SN)

Dere som skal bli lærere: Ta med elevene på tur en kveld og la de oppleve stjernehimmelen. Inspirer dem til å bruke det digitale kameraet og la dem dokumentere og sette ord på det de ser. Kanskje elevene vil oppdage at vi er en del av noe større og få lyst til å lære om det de ser på himmelen.

Grimstadstudentene i faget Nat 103 fikk oppleve stjernehimmelen 10. november 2010 (438 år etter Tycho). Faglærer og noen av studentene fikk denne kvelden oppleve et flott stjerneskudd, en opplevelse som satt som "et skudd". Det er ønskelig at studentene i Kristiansand skal få oppleve og få ny kunnskap om stjernehimmelen over byen denne vinteren. Studentene vil få et sertifikat som viser at de har tilstrekkelig ferdigheter som "himmelguide" for elever i grunnskolen.

## Eksempel 1 Bilde av Melkeveien

Eksemplet viser et bilde av sentrum av Melkeveien og de samme stjernene vist i et stjerneprogram

Sentrum av Melkeveien tatt med et speilrefleks digtalt kamera (La Palma 2007 UiA:TP). 31. august 2007 kl0000. Posisjon: 28 37 35 N; 17 45 20 W

Starry Night viser at sentrum av Melkeveien ligger i stjernebildet Skytten (Sagittarius). Bueskytterens pil peker mot sentrum av Melkeveien (U)

## Aktivitet 4 Bilde av stjernehimmelen

Ta et bilde av stjernehimmelen. Noter posisjonen (kompasskurs og høyden over horisonten) og overfør bildet til PC-en og finn navnet på stjernebildet og noen av stjernene. Stjerneprogrammet "Starry Night Enthusiast" følger anbefalt lærebok "Universe" 9. edition.

## Brage Breiskalle

(Hentet fra: Læreplanen L-94)

Tegneseriefiguren Knarken i samtale med Brage Breiskalle viser noe av hvordan fysikken er som vitenskap: Observasjoner fører til undring, undring danner grunnlag for en teori/modell som så må testes mot nye eksperimenter, eventuelt justeres og korrigeres

## 1.3 Informasjon om stjernene vi kan observere på himmelen

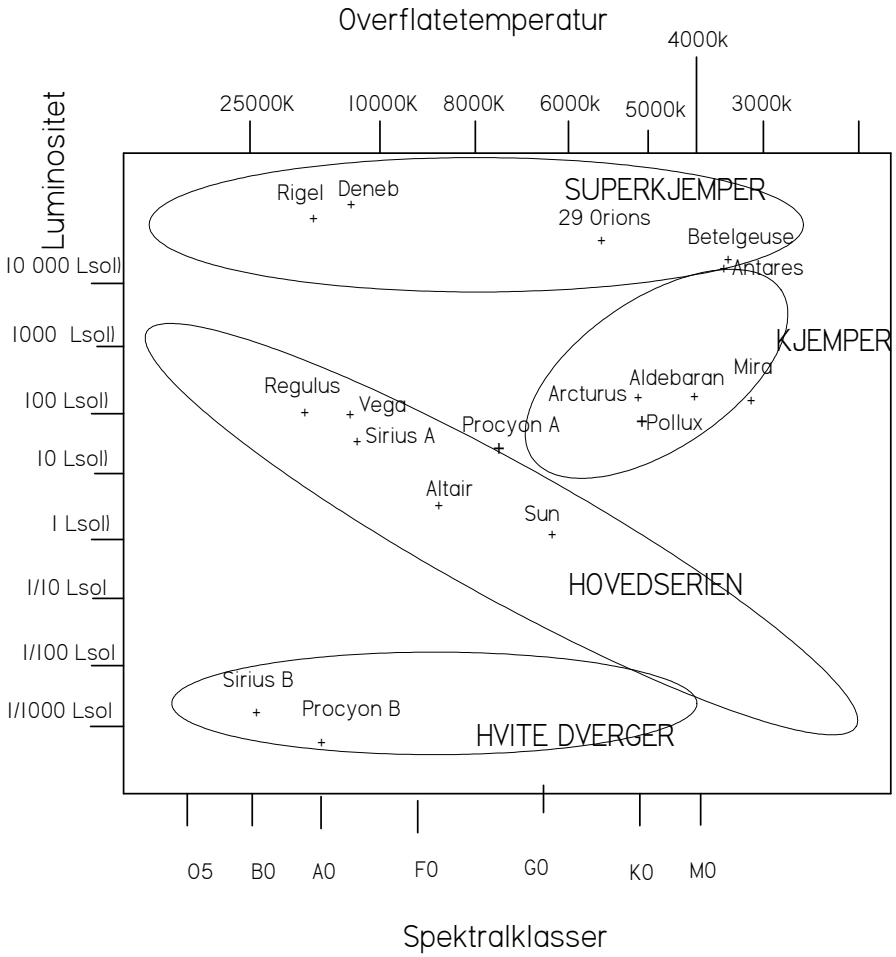
**Stjernen står i en rekkefølge fra øst mot vest:**

- **Regulus er en blå hovedseriestjerne i Løven**
  (spektralklasse: B7V; m=1.36; d=78ly; L=100Lsol; 12000K)
- **Pollux er en gul kjempe i Tvillingene**
  (K0III; 1.16; 34 ly; 80Lsol; 5000K)
  har også en exo-planet
- **Procyon A en hvit stjerne i Lille Hund er i ferd med å forlate hovedserien**
  (F5IV;0.34; 11,4 ly; 10Lsol; 7000K)
  har også en kompanjong Procyon B (hvit dverg)
- **Betelgeuse er i ferd med å bli en rød superkjempe i Orion**
  (M2Ib; 1,0; 427 ly; 10 000Lsol; 3500K); over Orions belte på venstre skulder.
  Se bildet på side 536 i Universe
- **Sirius A er en hvit hovedseriestjerne i Store Hund**
  (A1V; – 1.43; 8,6 ly; 60Lsol; 10 000K), har også en kompanjong Sirius B (hvit dverg)
  (se bildet på side 531 i Universe)
- **Sirius, Procyon og Betelgeuse danner hjørnene i vintertrekanten**
- **Aldebaran er en oransje kjempe i Tyren**
  (K5III; 0.85; 65 ly ; 100Lsol; 4000K), Tyrens øye
  Aldebaran ligger i den åpne stjernehopen Hyadene
  Se på denne stjernehopen med vanlig
- **Orion tåka M42** (fødestuen for nye stjerner) ligger under Orions Belte.
  Inne i tåka kan vi se 4 lyssterke stjerner, de danner hjørnene i et trapes.
  (se stjernekartet: Oriontrapeset)
- **29 Orionis en gul superkjempe i Orion**
  (G8III, 4.14; 174 ly; >10 000Lsol; 6000K) øst for (til venstre for) Rigel.
- **Rigel er en blå/hvit superkjempe i Orion**
  (B8Ia; 0.12; 770 ly; 58 000Lsol; 13 000K) under belte til høyre.
- **Mira er en rød variabel kjempestjerne i Hvalfisken (Sjøuhyret)**
  (M5e-M9e; 2-10,1; 420 ly; 10-10 000Lsol; 3500K)
  se side 513 i Universe (periode på 332 dager)
- **Deneb er en hvit superkjempe i Svanen**
  (A2Ia; 1.2- 3230 ly; 60 000Lsol; 11000K)
- **Altair er en hvit Hovedseriestjerne i Ørnen**
  A7IV; 0.75; 17ly; 10.6Lsol; 8500K
- **Vega er en hvit hovedseriestjerne i Lyren**
  (A0V; 0.26; 25 ly; 90Lsol, 11000K)
- **Vega, Deneb og Altair er hjørnene i sommertrekanten.**
  Se side 26 i læreboka.

Stjernene er inndelt i spektralklasser. Sirius har spektralklassen: A1V (Leksjon 11)
Stjernes vi ser på himmelen har forskjellig lysstyrke (magnitude). Sirius tilsynelatende lysstyrke m=-1,43 (Leksjon 11)
Stjernene har forskjellig avstand. Sirius A har avstanden d= 8,6 ly (lysår)
Stjernene har forskjellig luminositet (effekt). Sirius A har luminositeten L= $60L_{sol}$
Stjernene har forskjellig overflatetemperatur. Sirius har overflatetemperaturen 10 000K (Kelvin)

## 1.4 Stjernene vi ser på himmelen kan deles inn i 4 grupper

Vi skal observere unge stjerner på hovedserien og gamle kjempestjerner og superkjemper som er "nær" døden. Vi har ikke muligheten for å observere hvite dverger, stjerner som har avsluttet sitt liv og som befinner seg nederst til venstre i HR-diagrammet (Hertzsprung-Russell). Vi skal med andre ord observer stjerner i ulike stadier i sitt livsløp.




**En hovedseriestjerne (Regulus, Vega, Sirius A, Altair, Procyon og Solen).**
Stjernene lever lengst på hovedserien, levetiden er av henging av massen. Solen vil totalt leve 12 milliarder år. En stjerne som har en masse lik halve solmassen vil leve 700 milliarder år på hovedserien. En O-stjerne som har massen 25 ganger solmassen vil leve 4 millioner år på hovedserien. En stjerne befinner seg på hovedserien helt til alt hydrogenet er brukt opp i kjernen. Diagrammet viser at Procyon er i ferd med å forlate hovedserien, alt hydrogenet i denne stjernen er brukt opp.

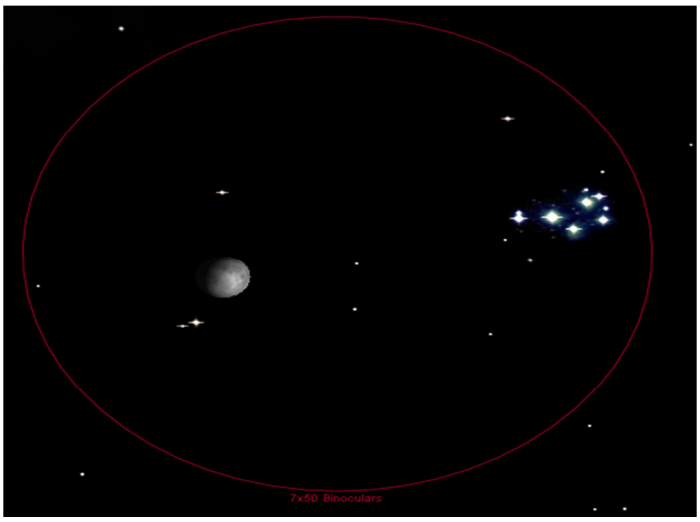
**En kjempestjerne (Akturus, Pollux, Aldebaran og Mira)**
Felles for disse stjernene er at hydrogenet er brukt opp i stjernens kjerne og at hydrogenet i skallet har begynt å brenne. Disse stjernene har stor luminositet (100 til 1000 større luminositet i forhold til Sola) og er relativt kalde (3000K til 6000K). Stjerner som er kalde og har stor luminositet er store i forhold til Sola (10 til 100 ganger større), av den grunn blir disse stjernene for kjempestjerner (Acturus, Pollux og Aldebaran). Kjempestjerner som har en overflatetemperatur mindre enn fra 3000K til 4000K kalles for røde kjempestjerner (Mira).

**En super kjempestjerne (Rigel, Deneb, 29 Orions, Betelgeuse i Orion og Antares i Skorpionen)**
En typisk super kjempestjerne har en radius som er 1000 ganger større enn Solens og at der forekommer ulike fusjonsprosesser i stjerneskallene.

**En hvit dverg stjerne (Sirius B og Procyon B)**
De hvite dvergstjernene befinner seg nede til venstre i HR-diagrammet. Disse stjernen er lyssvake, alle fusjonsprosesser har opphørt og de har en størrelse som er sammenliknbar med Jordens. Solen vil ende som en hvit dverg om ca 6 milliarder år.

De fleste av stjernene vi ser på stjernehimmelen er hovedseriestjerner, bare 1% er kjemper og superkjemper. 9% av stjernene er hvite dverger (Universe)

## 1.5 Observasjon av Pleiadene



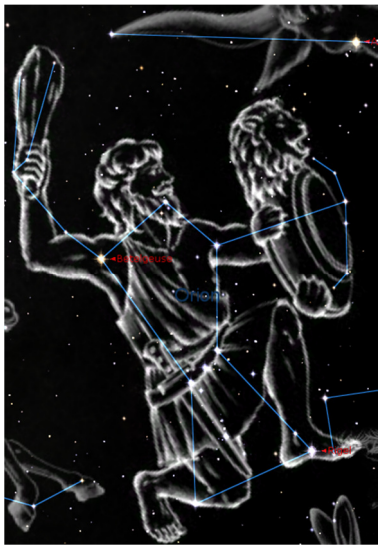

Bildet viser synsfeltet for en vanlig kikkert (7x 50) er 7 grader eller 122m i en avstand på 1000m.

Pleiadene er en åpen stjernehop som holdes sammen av gravitasjonskreftene. Avstanden ut til stjernehopen er 380 lysår. Pleiadene ligger i stjernebildet Taurus og kan sees ved det blotte øyet. De blåe B stjernene i Pleiadene har forlatt hovedserien, de er lyssterke fordi helium brenner i kjerne og hydrogen brenner i skallet utenfor kjernen. Magnituden for de 5 sterkeste stjernene varier fra 2.85 til 4.14. De 5 sterkeste stjernene har en snittavstand på 362 lysår og ligger innenfor en radius på 22 lysår. Pleiadene er også en refleksjonståke. Det vil si gass og støv som ligger mellom stjernene reflekterer lyset fra B-stjernene, denne spredningsprosessen har størst virkning på bølgelengder rundt 500nm (blått lys).

## 1.6 Stjernebildet Orion

### Sagnet om "Orion, den store jegeren"

Odin er sønn av havguden Neptun, en sterk og flott jeger som kvinner falt for. Odin var mer opptatt av jakt på dyr og truet en gang med å ta livet av alle dyrene på Jorden. Denne trusselen fra Odin kom Tellus for øre (Jordens gudinne), hun ble rasende og sendte en giftig skorpion mot Odin, skorpionen bet han i helen og han døde. Etter denne episoden ble Odin og Skorpionen plassert på himmelen. Haren (Leptus), Oksen (Taurus) og de to hundene er også plassert på himmelen, disse skal minne oss om at Odin var verdens farligste jeger.



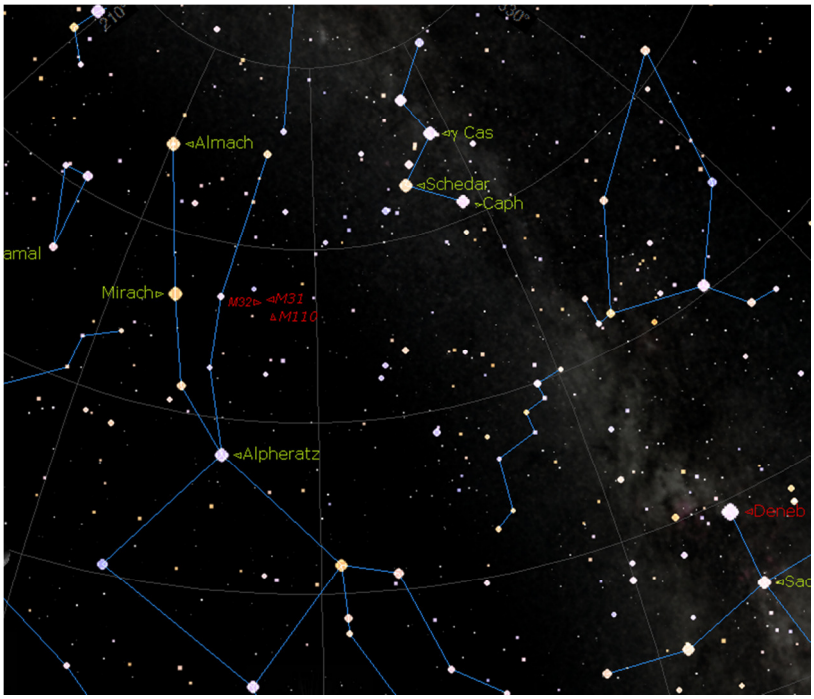
På bildet ser vi Odin, med stjernen Betelgeuse i armhulen. Rigel viser jegerens venstre bein. Vi ser oksens horn øverst i bildet og harens to øreflipper på bildet. Legg merke til de tre stjernene i Orions belte og stjerne i sverdet, her ligger Oriontåka

Foto: UiA /26. januar 2006 kl 22.43.22. Bildet viser Oriontåka (M42) fotografert med UiA-teleskopet som telelinse. Brennvidde 2500mm. Speildiamter 250mm. Kameraets (Canon EOS 20D) eksponeringstid er 20 sekunder. Lysfølsomheten (ISO-verdien) er 3200.

## Oriontåka

Observasjon av de såkalte **interstellare tåkene** (engelsk: ”nebulae”) har gitt ny kunnskap om hvordan stjerner utvikler seg fra fødsel til død. I universet finnes det kjempestore tåker, disse inneholder gass og støv. Astronomene kaller ofte disse skyene for molekylskyer. Orion tåka et veldig godt eksempel på interstellar gasståke. Tåken i Orion er en ”fødestue” for stjerner, gravitasjonskreftene fører til at molekylskyene trekker seg sammen. Når gassen samles i midten av skyen vil skyen rotere raskere. I sentrum av skyen vil det over tid utvikle seg en stjerne. I rommet rundt stjerne vil det utvikle seg et planetsystem. Andre tåker avslører hva som skjer når en stjerne dør. Stjerner som er mye større enn solen ender sitt ”liv” på en dramatisk måte. Disse stjernene kalles for **supernova** og blir revet i stykker i et gigantisk smell.

## 1.7 Veien til Andromeda galaksen




(Starry Night: TP)

Gå østover fra midtstjernen i Cassioppeia til Almach ( m= 2.10) og deretter sydover til stjernen Mirach (m=2.07). Gå rett vest til den svake stjernen ν (ny)-Andromeda (m=3.85) (ikke synlig på kartet over).Ta samme avstand en gang til i samme retning og du har funnet M31. Galaksen er godt synlig i en prismekikkert.

Edwin Hubble i 1923 klarte å bestemme avstanden til Andromedatåken, den var mye større enn diameteren på Melkeveien. Astronomene har i dag funnet avstanden er omtrent 2,5 millioner lysår.

## 1.8 Vinkelavstanden og formelen for de små vinkler

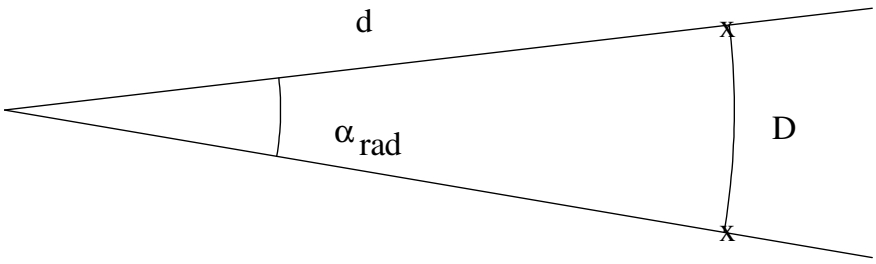
Vinkelavstand er et viktig begrep i astronomien. Sekstanten er et instrument som måler vinkelavstanden mellom stjernen og horisonten med stor nøyaktighet når observasjonsforholdene er gode. Solhøyden ved middagstid bestemmer stedets breddegrad, lengdegraden er gitt av tidspunktet for meridianpassasjen. Tycho Brahe konstruerte store sekstanter som målte **vinkelavstander** med en nøyaktighet på 0,25 minutter (eller 0,25 bueminutter).

Vinkelavstanden mellom øst og vestsiden av Månen er 0,5 grader eller vinkeldiameteren er sett fra Jorden er 0,5 grader.

Vi kan legge 10 fullmåner side ved side mellom de to bakerste stjernene i den store Karlsvogna (Big Dipper). Vinkelavstanden mellom disse stjernene er 5 grader. (Universe)

Jupiter har 4. mai 2005 en vinkeldiameter på 43” (buesekunder). Saturn har en vinkeldiameter på 18” denne dagen, denne vinkelen er så liten at Saturn sees som et lyspunkt uten teleskop. Strekke du ut høyre hånd vil typen av pekefingeren dekke 1 grad av himmelkula. Håndflaten vil dekke 10 grader (Uuniverse)

Astronomene kan finne diameteren (D) for et objekt (Sol, Månen, plantene). Vi kan ta Månen som et eksempel. Avstanden til Månen må være kjent (d = 384 400 km). Anta at Månens vinkeldiameter er $\alpha = 0{,}5$ grader eller $\alpha$” =1800 buesekunder. Skal vi løse denne oppgaven må vi ta i bruk definisjonen på vinkelenheten radian**.**




Tegningen viser en sirkelbue (D) som går gjennom to stjerner (x). Sirkelen har en radius (d). Vinkelen mellom de to vinkelbeina er $\alpha_{rad}$.

Definisjonsformelen når vinkelen har enheten radianer

$$\alpha_{rad} = \frac{\text{buen}}{\text{radien}} = \frac{D}{d}$$

I astronomien benytter vi vinkelenheten grader, minutter og sekunder. I **formelen for de små vinkler** (eng: "The small-angle formular") har vinkelen $\alpha$ enheten buesekunder ($\alpha$"). I det følgende skal vi innføre vinkelenheten bue sekunder i definisjonen over, resultat gir følgende formel

$$\alpha_{bues} = 206265\frac{D}{d}$$

Legg merke til at faktoren 206265, den er helt avgjørende når vinkelen har enheten buesekunder.

$$\frac{\alpha_{rad}}{\alpha_{grader}} = \frac{2\cdot\pi}{360} \qquad \alpha_{grader} = \frac{360}{2\cdot\pi}\cdot\alpha_{rad} \qquad \alpha_{bues} = \frac{360\cdot 60\cdot 60}{2\cdot\pi}\cdot\alpha_{rad} \qquad \alpha_{bues} = 206365\,\alpha_{rad}$$

Studer utrykkene over, serien forklarer faktoren 206265.

Formelen for de små vinkler:

$$\alpha_{bues} = 206265\frac{D}{d}$$

D: objektets lineære størrelse, objektet kan være en planet, interstellar tåke eller en galakse.
$\alpha_{bues}$: objektets vinkeldiameter eller vinkelavstanden, enheten er buesekunder
d: avstanden til objektet

Når vi bruker formelen må D og d ha samme enhet.

Vi vender tilbake til eksemplet vårt. Vinkeldiameteren for Månen er 1800 buesekunder. Vi setter inn i formelen og får:

$$0.5\cdot 60\cdot 60 = 206265\frac{D}{384400\text{km}} \qquad D = 3355\,\text{km}$$

Tabellverdien for Månens diameter er 3476 km, resultatet er tilfredsstillende når vi tenker på at vinkeldiameteren er kun gitt med ett siffer

## 1.9 Astronomiske avstander har som regel enheten Lysår eller parsec

### Tier potens nutasjon – et nyttig tallformat i Astronomien

I dette kurset skal vi studere astronomiske avstander, for eksempel avstanden til nærmeste stjerne, avstanden til sentrum av Melkeveien og avstanden til galaksene. Vi skal også studere de minste objektene i universet som for eksempel atomene og atomkjernene. I dette studiet trenger vi et anvendelig tallformat som på en enkel måte kan beskrive små og store tall

Astronomien er et fagområde som benytter ekstreme små tall og ekstreme store tall, tier potens nutasjonen er av den grunn svært anvendelig.

Eksempel på en tierpotensnutasjon:

$1.5 \cdot 10^{9}$

Den første faktoren i tallet skal ligge mellom 1 og 10. Den andre faktoren er en potens med grunntall 10.

### Avstander i Universet

Det er ikke vanlig i astronomien å benytte SI-enheten meter (m) for avstand, derimot benyttes avstandsenheten kilometer når diameteren månen og jorden skal formidles i gjennom tekst og tale. Avstaden mellom Jord og Sol har som regel kilometer som enhet i astronomisk litteratur, det samme har avstanden mellom Månen og Jorden

| | |
|---|---|
| Månens diameter: | 3 476 km |
| Jordens diameter: | 12 756 km |
| Avstand Sol – Jord: | 150 millioner km |
| Avstand Jord - Måne: | 0,384 millioner km |

På jorden er vi vant til å tilbakelegge store avstander med bil, på motorveier kan vi holde en gjennomsnittsfart på 120 km pr time over lang tid. Jordens omkrets er 40 000 km. Det vil ta ca 330 timer eller 14 døgn å komme jorden rundt. Dette eksemplet gir oss en visualisering av avstanden 40 000 km fordi vi tar utgangspunkt erfaringer vi har tilegnet oss i hverdagen. Skal vi til Månen vil det ta ca 3200 timer eller 130 døgn. Til Solen vil det ta 14 år.

På grunn av de enorme avstandene har astronomene funnet opp enheter som egner seg for vårt solsystem og for avstandene mellom stjernene.

For solsystemet gjelder **den astronomiske enheten** (forkortet: AU). Denne enheten tar utgangspunkt i den midlere avstanden mellom Jorden og Solen:

$$1 \cdot \mathrm{AU} = 1.496 \cdot 10^{8} \cdot \mathrm{km}$$

Den midlere avstanden mellom Jorden og Jupiter kan skrives som 5,2 AU, en lettvint skrivemåte.

For avstanden mellom stjernene og avstanden fram til galaksene har astronomene innført **lysår**[3] som avstandsenhet (forkortet ly). Det er for eksempel 4,2 ly fram til nærmeste stjerne som heter Proxima Centauri (proximate: umiddelbar nærhet), den er på den sydlige halvkule og har en magnitude på 11 (tilsynelatende lysstyrke).

Definisjonen av en **parsec** er avstanden (d) til det punktet i universet som gir vinkelavstanden til den astronomiske enheten (D=AU) lik ett buesekund ($\alpha = 1$"). "The small-angle formula" gir sammenhengen mellom en parsec, avstandsenheten kilometer og ett lysår.

$$d = 1 \cdot \mathrm{parsec} = \frac{206265 \cdot D}{\alpha} = \frac{206265 \cdot \left(1.496 \cdot 10^{8} \cdot \mathrm{km}\right)}{1 \cdot \mathrm{buesekund}} = 3.09 \cdot 10^{13} \cdot \mathrm{km} = 3.26 \cdot \mathrm{ly}$$

Avstanden til Proxima Centauri er 4,2 ly eller 1,3 pc. Sett fra Jorden vil Proxima Centauri i løpet av ett år endre posisjonen på himmelen. Vinkelavstanden mellom de to ytterpunktene vil være 1,6". Sett fra Proxima Centauri vil 1AU gi en vinkel på 0,78".

$$\alpha = \frac{206265 \cdot 1 \cdot AU}{4.2 \cdot 63240 \cdot AU} = 0.78$$

Det er vanlig å benytte enheten kpc når avstander i vår galakse skal oppgis. Avstanden fra Jorden og til sentrum av vår galakse er 8 kpc. Avstanden til galaksen M65 er ca10Mpc eller 35Mly.

I vårt solsystem er det vanlig å benytte den astronomiske enheten (AU) for distanse, avstanden til stjerner i vår galakser benyttes enheten lysår (ly) og avstanden mellom galaksene benyttes Mly (megalysår; mega er lik en million).

Strekningen lyset tilbakelegger i løpet av ett år:

$$d := 2.9979 \cdot 10^{8} \cdot \frac{m}{s} \cdot 365.25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot s \qquad d = 9.4607 \times 10^{12}\ km$$

## 1.10 Oppgaver

1. Benytt tierpotensnutasjon på kalkulatoren og skriv inn tallet 9,4607exp(12).
2. Se animasjonen 1.1: "Astronomical Distances – The Light-Year"
3. Romskipet Voyager 2 passerte Neptun i 1989. Romskipet tok bilder av Neptun og sendte dem til Jorden. Finn avstanden til romskipet når det tok de elektromagnetiske signalene 4 timer å nå Jorden. Lyshastighetene er 300 000 km/s. Gi svaret i km og benytt tierpotensnutasjonen i svaret. (4,3exp9 km)
4. Stjernen Procyon ligger 11,4ly fra Jorden. Finn avstanden til Procyon når du endrer enheten fra lysår til kilometer. Benytt tierpotensnutasjonen i svaret (1.08exp14 km)
5. Hvilket stjernebilde er dette (Tips: Den sterkeste stjernen ligger på meridianen like over horisonten ved midnatt 30. mai)

(UiA, La Palma 2007, 31 august, TP)

6. Sett kameraet på et stativ og ta bilde av jordrotasjonen.
7. Stjernen Procyon ligger 3,50 pc fra Jorden.

a) Finn avstanden til Procyon når du endrer enheten fra parsec til kilometer. Benytt tier potensnutasjonen i svaret.
b) Hvor lang tid tar det lyset å komme fra Procyon til Jorden?

8. Den midlere avstanden mellom Jorden og Månene er 384 000 km og månens vinkelstørrelse er ½ grad. Benytt **formelen for de små vinkler** og finn Månens diameter. Benytt kilometer som enhet i svaret.

9. Finn diameteren på det minste krateret du kan observere på Månen dersom teleskopet har en oppløsningsevne på 2 buesekunder.
10. 11. januar 2003 var avstanden til Venus til Jorden 0,719 AU. Venus har en diameter på 12104km. Finn planetens vinkeldiameter når enheten er bueminutter.
11. Finn fram den nødvendige informasjon og bestem vinkeldiameteren for Orion tåka. Bruk grader som enhet. Hvor stor er vinkeldiameteren for Orion tåka sammenliknet med Månens vinkeldiameter.
12. Avstanden ut til universets ytre grense er 13,7 milliarder lysår. Finn størrelsen på det observerte univers, benytt enheten meter
13. Jupiter har 4. mai 2005 en vinkeldiameter på 43" (buesekunder). Saturn har en vinkeldiameter på 18" denne dagen. Benytt formelen for de små vinkler og kontroller de to vinkeldiameterne.

## Løsningsforslag

Oppgave 8

$s_P := 3.50 \cdot pc$ $s_P = 1.08 \times 10^{14} km$ $s_P = 11.4 ly$

Oppgave 9

$D := \frac{0.5 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 384000 \cdot km}{206265}$ $D = 3.4 \times 10^{3} km$

Oppgave 10

$D := \frac{2 \cdot 384000 \cdot km}{206265}$ $D = 3.7 km$

Oppgave 11

$\alpha := \frac{12104 \cdot km \cdot 206265}{0.719 \cdot AU \cdot 60}$ $\alpha = 0.387$

Oppgave 12

a) 1,3 grader