

Översiktskurs i astronomi Lektion 8: Mer om stjärnor



Copyright Anglo-Australian Observatory/Royal Observatory, Edinburgh.

Kosmiska dialoger med Martinson och Galilei på Lilla scenen

2009-03-26

Dramaten uppmärksammar Internationella astronomiåret, som firas 2009 med anledning av att det är 400 år sedan Galilei Galileo för första gången riktade sitt teleskop mot himlen. Hur lyssnar vi idag till Galileis Dialog om de två världssystemen och Harry Martinsons ryndepos Aniara, femtio år efter föreställningen på Kungliga Operan? Vad är kosmos för oss?

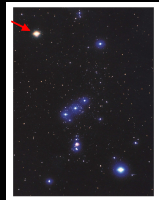
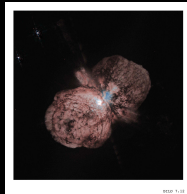
Medverkande: Kjerstin Dellert, Erik Saedén, Ulf Danielsson, Magnus Florin, Bengt Gustafsson, Bo Göransson, Martina Lowden, Ulrika Knutson, Lil Tersellus, Tanja Lorentzon, musiker m fl.

Arrangerat av Dramaten, Dialogseminariet, Uppsala universitet och Svenska Astronomiska Sällskapet.

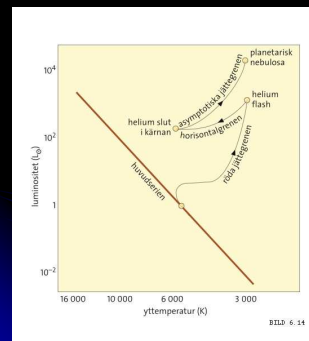
Lilla scenen 26 mars kl. 19.00

Nästa supernova i vår närhet?

- Kanske Eta Carinae, fick ett utbrott i mitten av 1800-talet. Sannolikt mycket massive (100 solmassor)
Avstånd: 2500 pc
- Eller Betelgeuse i Orions stjärnbild. Avstånd: 200 pc.



Helium-flash



- Halva mängden helium i kärnan omvandlas till kol på ca 10 s
- Energi motsvarande ca 1 miljard stjärnor av solens typ produceras i kärnan
- Varför har då ingen sett en Helium-flash?
- Förmodligen för att energin går åt till att ändra stjärnans inre struktur och inte strålas ut från stjärnans yta

Upplägg

- Spektralklassifikation av stjärnor
 - OBAFGKM
- Luminositetsklassifikation av stjärnor
 - Dvärgar, jättar, superjättar
- Avståndsbestämning
- Dubbelstjärnor
- Stjärnornas massor
- Variabla stjärnor

Harvardklassifikationen

Stjärntyper:

O, B, A, F, G, K, M
(R, N, S, L, T)

Minnesramsor

Stjärntyper:

O, B, A, F, G, K, M

Några minnesramsor:

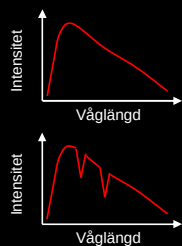
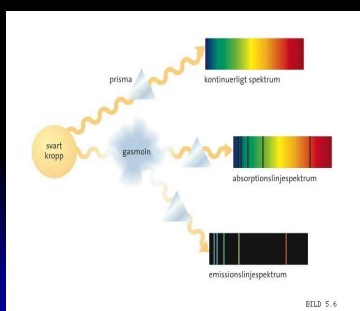
- Oh Be A Fine Girl Kiss Me Right Now
Även 'Guy'...
- Only Boys Accepting Feminism Get Kissed Meaningfully
- Our Brother Andrew Found Green Killer Martians

Harvardklassifikationen

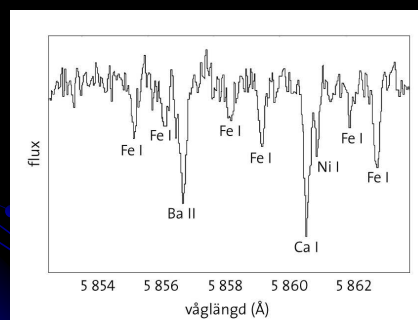
Det är stjärnans ytemperatur (T_{eff}) som avgör vilka linjer och band man ser i ett spektrum

Klass	T_{eff}	Färg	Framträdande spektrallinjer/band	Exempel
O	30 000-50 000	blåviolett	Jon. och neutralt He	δ Ori
B	10 000-30 000	blåvit	Neutralt He och H	Rigel
A	7 500-10 000	vit	Starka H-linjer	Sirius
F	6 000-7 500	gulvit	Svagare H, jon. Ca, Fe	Canopus
G	5 000-6 000	gul	Jon. Ca, metaller	solen
K	3 500-5 000	orange	Neutrala metaller	Arcturus
M	2 500-3 500	röd	Starka band av TiO	Betelgeuse

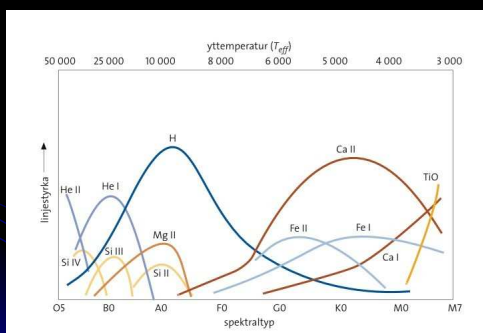
Stjärnspektra - repetition



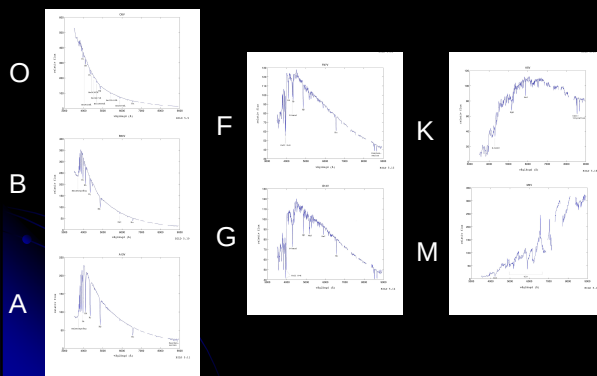
Absorptionslinjer



Spektrallinjernas beroende av temperaturen



Stjärnspektra

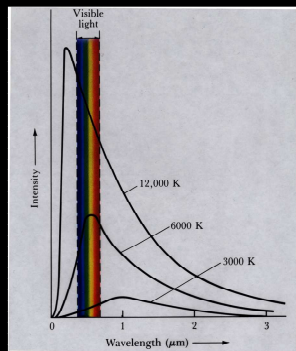


Repetition: Wiens lag

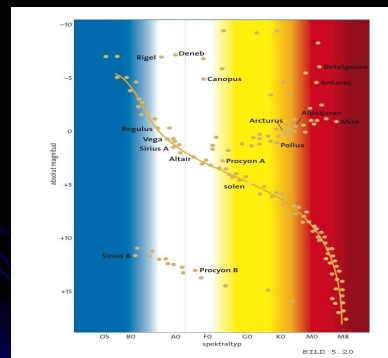
Ur Plancks strålningslag
Kan man härleda några
användbara relationer:
Wiens lag:

$$\lambda_{\max} T = 2.898 \cdot 10^7$$

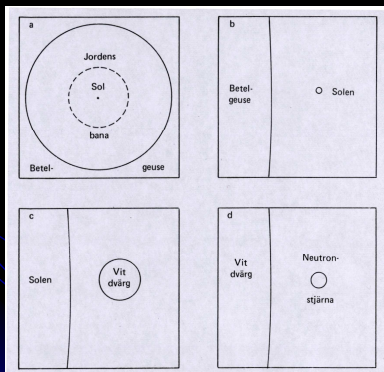
λ ges i Ångström (Å) och
T i Kelvin (K).
D.v.s, ju hetare desto
blåare, ju svalare desto
rödare.



HR (Hertzprung-Russell)-diagrammet



Från små neutronstjärnor till superjättar



Morgan-Keenans luminositetsklassifikation

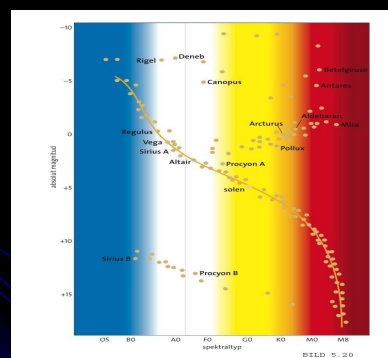
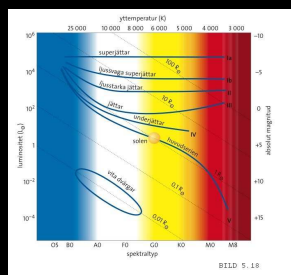
Luminositetsklass	Stjärntyp	Exempel
Ia	superjätte	Rigel
Ib	ljussvag superjätte	Canopus
II	ljusstark jätte	α Sagittae
III	jätte	Capella
IV	subjätte	Procyon A
V	huvudserie	solen

Hur skiljer man de olika luminositetsklasserna åt?

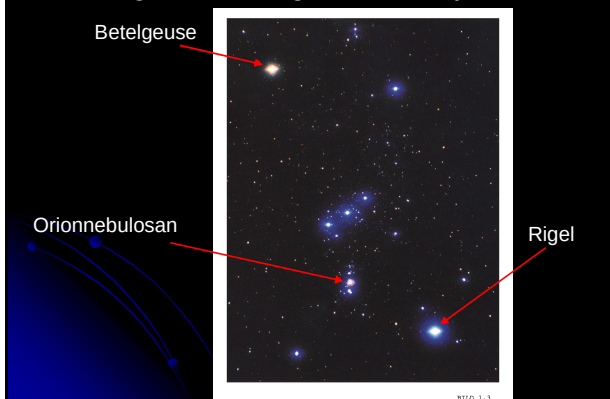
Huvudseriestjärnor har
bredare spektrallinjer än
superjättar.

En huvudseriestjärna har
tätare atmosfär vilket leder
till fler kollisioner mellan
partiklarna.

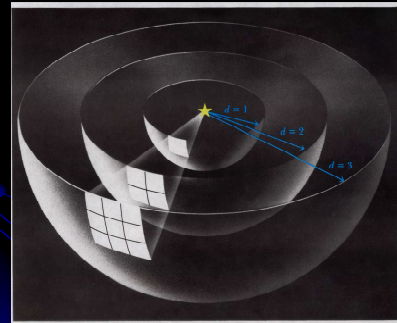
Fler kollisioner $\Rightarrow$ tryck-
(kollisions-) breddning av
spektrallinjerna.



Betelgeuse och Rigel i Orions stjärnbild



Repetition: Ljusstyrkan avtar med kvadraten på avståndet

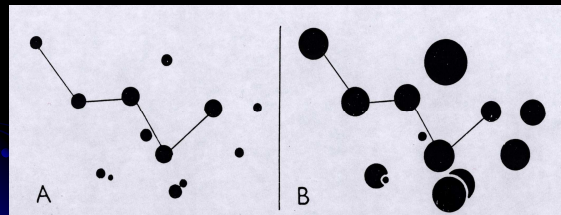


Repetition: Flux och Luminositet

$$F = \frac{L}{4\pi R^2}$$

Avstånd till ljuskällan

Stjärnbilden Cassiopeja som vi ser den (A), och som den skulle te sig om alla stjärnorna flyttades till avståndet 10 pc från oss (B)

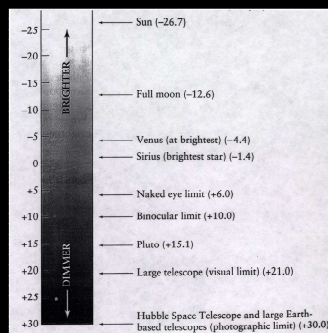


Den logaritmiska magnitudskalan

Ju större negativt tal desto ljusare är objektet.

En magnitudskillnad på en enhet (1^m) motsvarar en skillnad på 2,5 ggr i ljusstyrka.

5^m motsvarar då 100 ggr skillnad.



Apparent och absolut magnitud

Apparent (synbar) magnitud:

Ett mått på flux. Beskriver hur ljusstarkt ett visst objekt ser ut att vara (beror alltså på avståndet)

Absolut magnitud:

- Ett mått på luminositet. Beskriver hur ljusstarkt ett objekt skulle se ut att vara om vi placerade det på ett avstånd av 10 pc

Avståndsformeln

$$r = 10^{1 + \left(\frac{m-M-A}{5}\right)}$$

m = Apparenta (skenbara) magnituden.

M = Absoluta magnituden, d.v.s. den apparenta magnitud ett objekt har på avståndet 10 pc.

r = Avståndet i pc.

A = Extinktionen (utsläckningen av ljus) i magnituder.

Avståndsformeln II

Avståndsformeln kan även uttryckas som:

$$m - M = 5 \log r - 5 + A$$

där $(m-M)$ kallas avståndsmodulen.

Magnituden är ett logaritmiskt mått på ljusstyrkan hos ett objekt.

m kan mätas direkt vid teleskopet, M måste uppskattas.

Exempel:

Betelgeuse som supernova

- Antag:
 - En supernova typ II har $M \approx -18$ i synligt ljus
 - Avståndet till Betelgeuse är ca 200 pc
 - Antag $A=0$ (ingen stoftextinktion)
- Lös ut m ur formeln:
 - $m = 5 \log_{10}(r) - 5 + M$
 - Alltså: $5 \log_{10}(200) - 5 + (-18) \approx -11.5$
 - Sirius har $m = -1.4$
 - Fullmånen har $m = -12.6$
 - Således: Ljusstarkare än Sirius, men aningen ljussvagare än månen

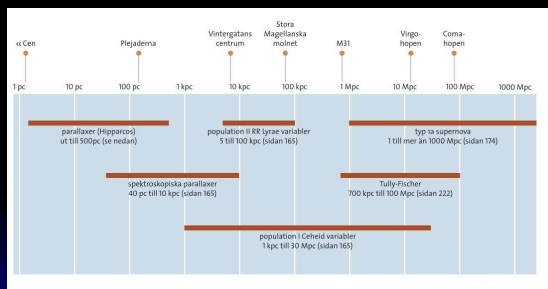
Astronomiska avståndsskalan I

Flera metoder finns för att erhålla M för olika sorters Objekt, exempelvis:

- Huvudseriestjärnor,
- Variabla cepheidstjärnor,
- Supernovor,
- Skivgalaxer

För samtliga metoder gäller att r , för de olika objekten som används i kalibreringen, har erhållits genom någon annan oberoende metod. Därefter har M beräknats.

Astronomiska avståndsskalan II



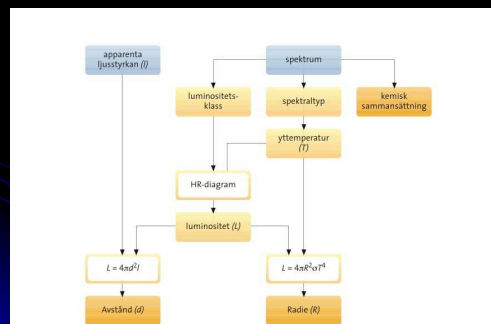
"Standard Candles"

- För att noggrant bestämma avstånd med avståndsformeln behöver man ljuskällor som alltid uppvisar ungefär samma absolutmagnitud ("Standard candle")
- Supernovor (typ Ia): Förmodligen de bästa ljuskällorna för detta syfte vid stora avstånd

Supernova typ Ia



Spektroskopisk parallax: En metod för avståndsbestämning av stjärnor (exempelvis huvudriestjärnor)



Dubbelstjärnor

Interaktiv simulering av dubbelstjärnesystem:
<http://csep10.phys.utk.edu/guidry/java/binary/binary.html>

Dubbelstjärnor II



Dubbelstjärnesystemet Albireo, 380 ljusår bort,
 omloppstid >100 000 år →
 långt isär eller bara en apparent dubbelstjärna

Dubbelstjärnor III

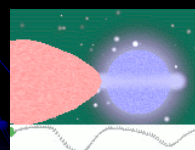
Ca 1/3 av stjärnorna i Vintergatans uppskattas vara dubbelstjärnesystem.

Några olika typer:

- Optiska/apparenta dubbelstjärnor:
 Stjärnor på helt olika avstånd som *ser ut* att ligga nära varandra, men inte är gravitationellt bundna till varandra
- Visuella dubbelstjärnor:
 Stjärnor som kan upplösas i två komponenter och faktiskt är bundna till varandra
- Täta dubbelstjärnor:
 Dubbelstjärnor som ligger så nära varandra att material från en läcker över till den andra

Dubbelstjärnor IV

- Förmörkelsevariabel:
 Dubbelstjärnesystem där de två komponenterna växelvis hamnar framför varandra och ger periodiska förmörkelser i en ljuskurva

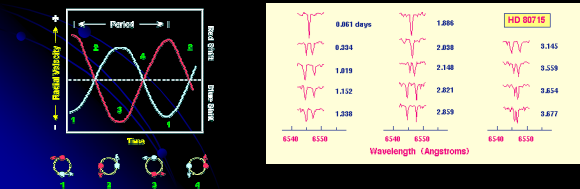


Täta dubbelstjärnor som förmörkar varandra

Dubbelstjärnor V

• Spektroskopisk dubbelstjärna

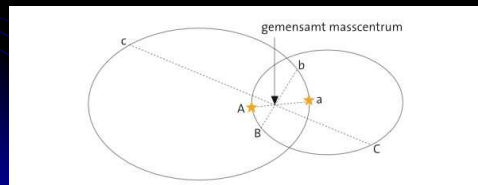
System vars dubbelstjärnenatur upptäcks genom dubbla uppsättningar spektrallinjer som rör sig periodiskt. De flesta kända dubbelstjärnesystem är av detta slag.



Hur bestäms stjärnornas massor?

Direkt massbestämning:

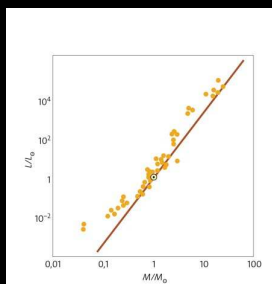
Utnyttjar hur dubbelstjärnor påverkar varandra genom gravitationen. Uppmätning av banans utsträckning och period ger ett mått på den kombinerade massan hos systemet. I vissa fall, om de två stjärnorna tidvis förmörkar varandra (en hamnar framför den andra) kan man även lista ut de enskilda massorna.



Hur bestäms stjärnornas massor?

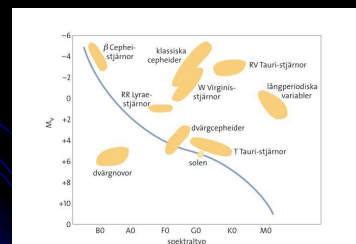
Indirekt massbestämning:

- 1) Jämförelse med stjärnmodeller (L + spektrum ger M).
- 2) Mass-luminositetsrelationen kan användas för huvudseriestjärnor ($L \propto M^{3.5}$).



Variabla stjärnor

Vissa stjärnor kan hastigt ändra ljusstyrka för att deras radie ändras, eller för att de byter från en typ av energiproduktion till en annan.



Variabla stjärnor II

Några vanliga typer:

1) Långperiodiska variabler:

Svala röda ($\approx 3500\text{K}$) jättar som inte ändrar yttemperatur nämnvärt men däremot luminositet (10 till $10000 L_{\odot}$). Mest känd: Mira. Period 80-1000 dygn.

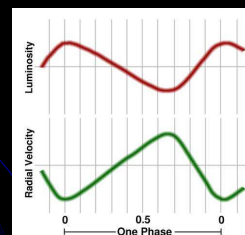
2) RR Lyraevariabler:

Lågmassiva post-heliumflashstjärnor på väg mot horisontalgrenen. Perioder kortare än ett dygn, luminositeter på ca. $100 L_{\odot}$.

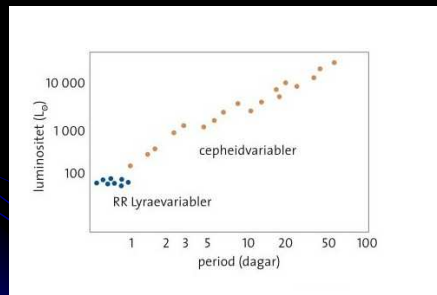
Variabla stjärnor III

3) Cepheidvariabler (uttalas sefid):

Relativt massiva stjärnor som ändrar ljusstyrka med regelbunden periodicitet. Ju längre periodicitet desto ljusare blir de. Den först upptäcktes 1784.



Variabla stjärnor IV



Varför ändrar cepheidvariabler ljusstyrka?

Har att göra med jonisation och rekombination av Helium, som fungerar som en ventil. Teorin framfördes av Eddington (1941) och modifierades av Cox på 60-talet.

Scenario:

1) Stjärnan liten

I en tät stjärnatmosfär är densiteten hög → ogenomskinlig för ljus → energin går åt till att jonisera helium → fler partiklar i atmosfären, d.v.s. tätare atmosfär → ännu mindre energi slipper ut → atmosfären trycks utåt →

2) Stjärnan stor

Utvidgad atmosfär betyder lägre partikeltäthet → energin läcker ut → helium rekombinerar → ännu tunnare atmosfär och ännu mer strålning läcker ut → atmosfären faller tillbaka → [Åter till 1](#)

