

## Översiktskurs i astronomi

### Lektion 8: Mer om stjärnor



## Upplägg

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

## Harvardklassifikationen

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

## Harvardklassifikationen

Det är stjärnans yttemperatur ( $T_{\text{eff}}$ ) som avgör vilka linjer och band man ser i spektret.

Klass	$T_{\text{eff}}$	Färg	Framträdande spektrallinjer/band	Exempel
O	30 000-50 000	blåviolett	Jon. och neutralt He	$\delta$ 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

## Minnesramsrutor

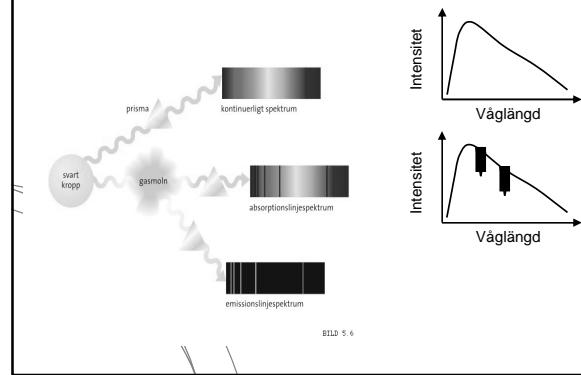
Stjärntyper:

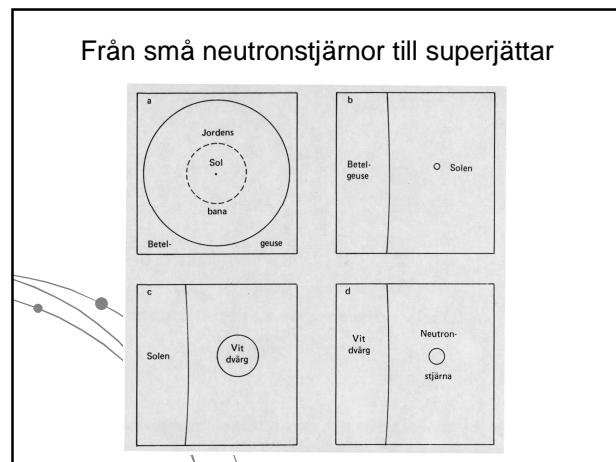
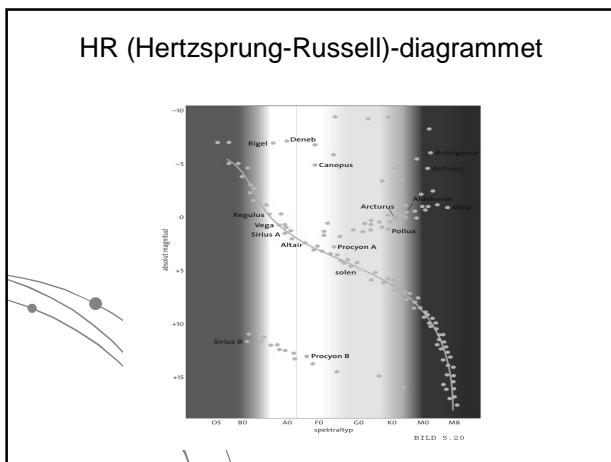
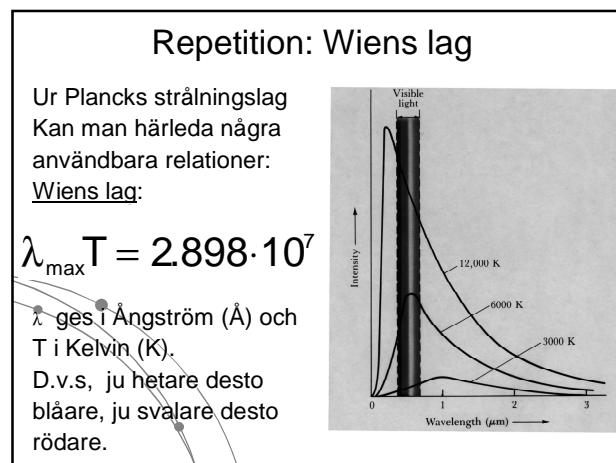
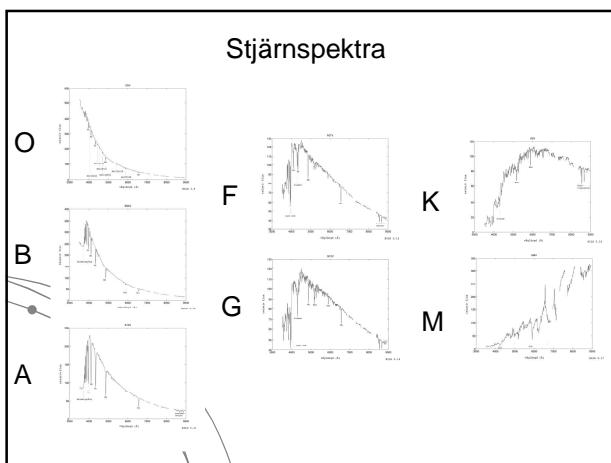
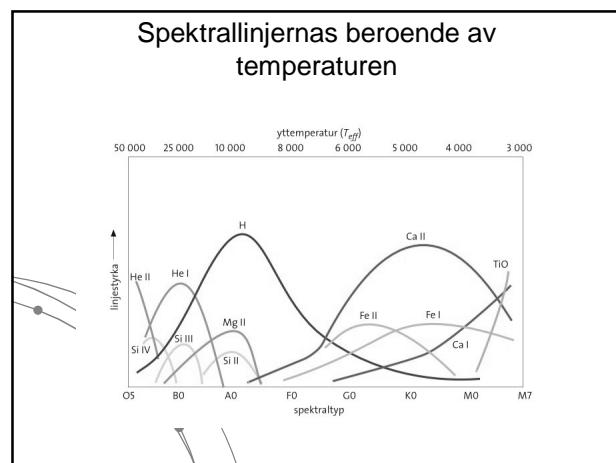
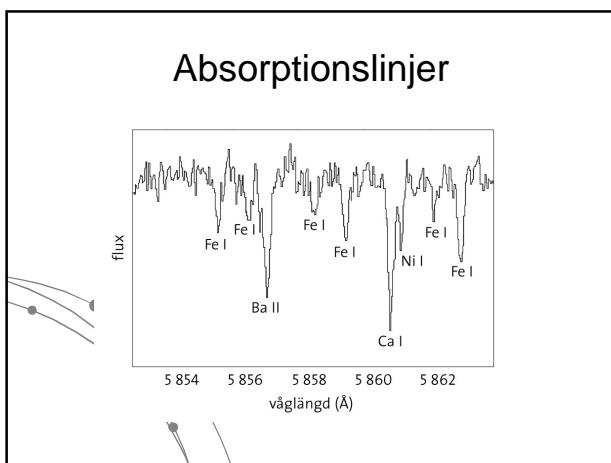
O, B, A, F, G, K, M

Några minnesramsrutor:

- 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

## Stjärnspektra - repetition





### Morgan-Keenans luminositetsklassifikation

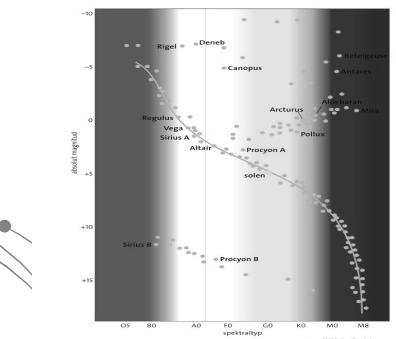
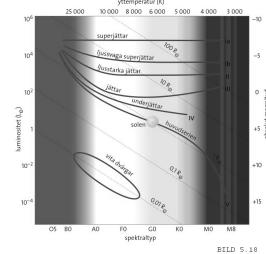
Luminositetsklass	Stjärntyp	Exempel
Ia	superjätte	Rigel
Ib	ljussvag superjätte	Canopus
II	ljusstark jätte	$\alpha$ Sagittae
III	jätte	Capella
IV	subjätte	Procyon A
V	huvudserie	solen

### Hur skiljer man de olika luminositetsklasserna åt?

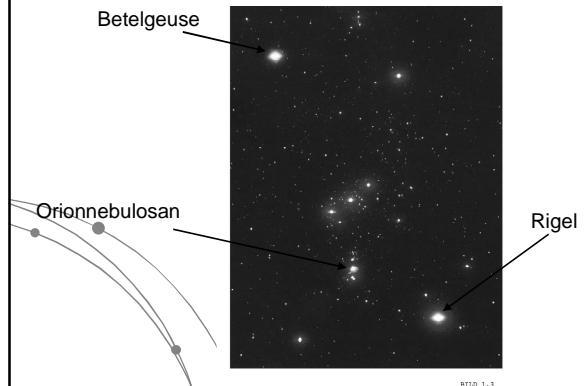
Huvudseriestjärnor har bredare spektrallinjer än superjättar.

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

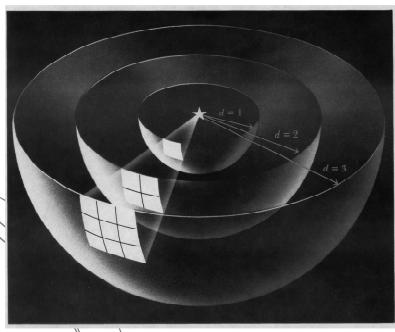
Fler kollisioner  $\Rightarrow$  tryck- (kollisions-) breddning av spektrallinjerna.



### Betelgeuse och Rigel i Orions stjärnbild



Repetition: Ljusstyrkan avtar med kvadraten på avståndet

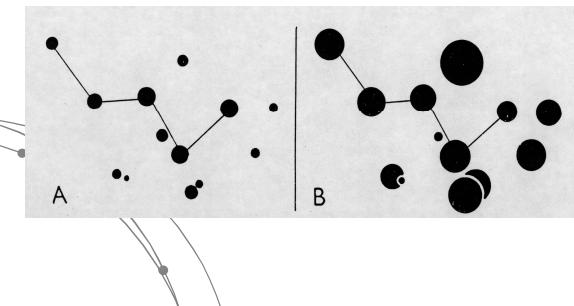


Repetition: Flux och Luminositet

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

Avstånd till ljuskällan

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

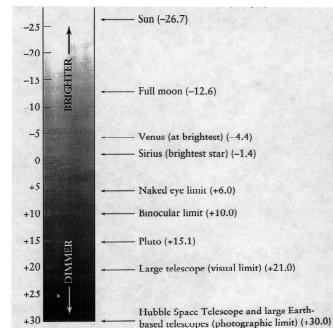


### Den logaritmiska magnitudskalan

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

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

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 avståndsmoden.

Magnituden är ett logaritmiskt mått på ljusstyrkan hos ett objekt.

m kan mäts direkt vid teleskopet, M måste uppskattas.

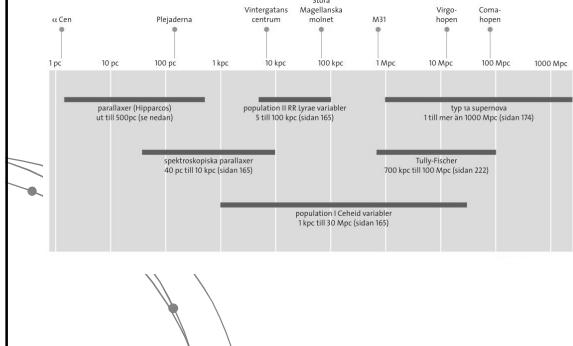
### Astronomiska avståndsskalan I

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.

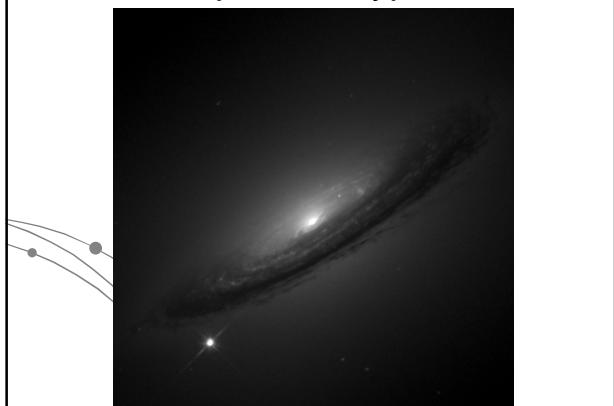
## Astronomiska avståndsskalan II



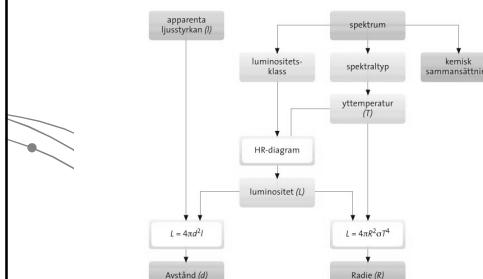
## "Standard Candles"

- 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 huvudstjärnor)



## Dubbelstjärnor

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

## Dubbelstjärnor II



## 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

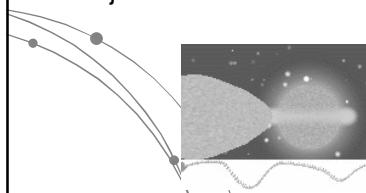
- Täta dubbelstjärnor:

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 ljuskurve

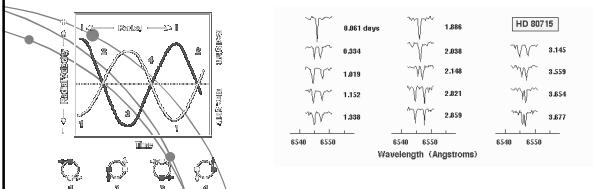


Täta dubbelstjärnor som förmörkar varandra

## Dubbelstjärnor V

- Spektroskopisk dubbelstjärna

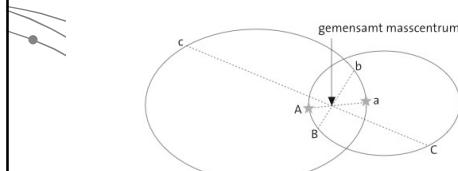
System vars dubbelstjärnenatur upptäcks genom dubbla uppsättningar spektrallinjer som rör sig periodiskt. De flesta kända dubbelstjärnesystem är av detta slag.



## Hur bestäms stjärnornas massor?

### Direkt massbestämning:

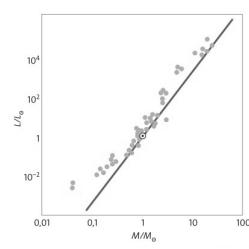
Utnyttjar hur dubbelstjärnor påverkar varandra genom gravitationen. Uppmätning av banans utsträckning och period ger ett mått på den kombinerade massan hos systemet. I vissa fall, om de två stjärnorna tidvis förmörkar varandra (en hamnar framför den andra) kan man även lista ut de enskilda massorna.



## Hur bestäms stjärnornas massor?

### Indirekt massbestämning:

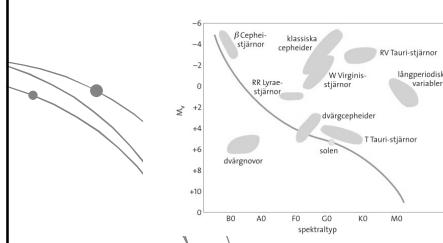
1) Jämförelse med stjärnmodeller ( $L$  + spektrum ger  $M$ ).



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:

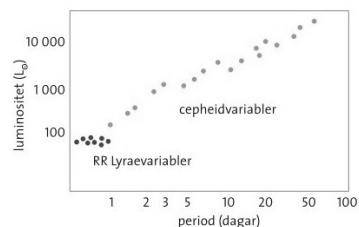
### 1) Långperiodiska variabler:

Svala röda ( $\approx 3500\text{K}$ ) jättar som inte ändrar yttemperatur nämnvärt men ändrar luminositeten (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, luminositet på ca.  $100 L_\odot$ .

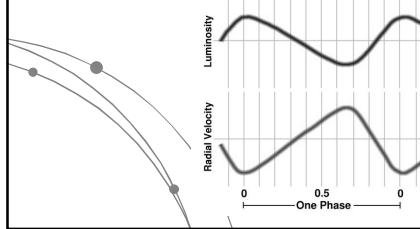
## Variabla stjärnor IV



## 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.



## 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  $\rightarrow$  ogenomskinlig för ljus  $\rightarrow$  energin går åt till att jonisera helium  $\rightarrow$  fler partiklar i atmosfären, d.v.s. tätare atmosfär  $\rightarrow$  ännu mindre energi slipper ut  $\rightarrow$  atmosfären trycks utåt  $\rightarrow$

#### 2) Stjärnan stor

Utvägd atmosfär betyder lägre partikelthet  $\rightarrow$  energin läcker ut  $\rightarrow$  helium rekombinerar  $\rightarrow$  ännu tunnare atmosfär och ännu mer strålning läcker ut  $\rightarrow$  atmosfären faller tillbaka  $\rightarrow$  Åter till 1

