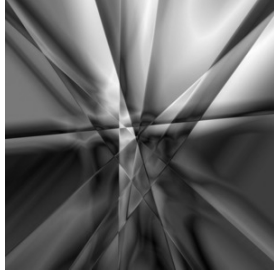


Översiktskurs i astronomi Lektion 4: Atomer och spektra



Upplägg

- Svartkroppsstrålning
- Atomer
- Spektra
- Dopplereffekt
- Labintroduktion

Svartkroppsstrålning I

Alla föremål sänder ut elektromagnetisk strålning. Strålningens våglängd (alt. frekvens) beror på föremålets temperatur.

Exempel: En spisplatta som upphettas antar olika färg beroende på temperaturen.



Svart → Djupröd → Röd →
Gul → Vit → Blåvit → Violett

Svartkroppsstrålning II

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{och} \quad E = hf \quad (h = \text{Plancks konstant})$$

Foton = Ljuspartikel

Låg T → låg E → låg frekvens → lång våglängd
Hög T → hög E → hög frekvens → kort våglängd

Svartkroppsstrålning III

Man talar om strålning från en svart kropp (svartkroppsstrålning, eng. *Black Body*). Med svart kropp menas:

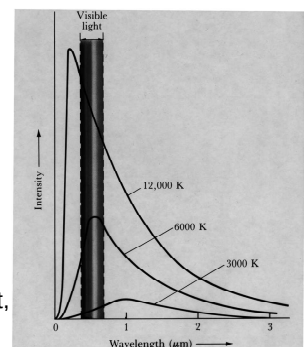
En hypotetisk struktur som inte reflekterar någon strålning utan absorberar all inkommande strålning. Den strålning en svart kropp utsänder beror endast av dess temperatur. Stjärnor kan sägas vara "goda svartkroppar".

Planckkurvor

Relationen mellan utstrålad energi från en svart kropp och dess temperatur (och våglängd, λ) ges av Plancks strålningslag:

$$E_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{(hc/\lambda kT)} - 1}$$

där k = Boltzmanns konstant,
 c = ljushastigheten,
 h = Plancks konstant.



Wiens lag

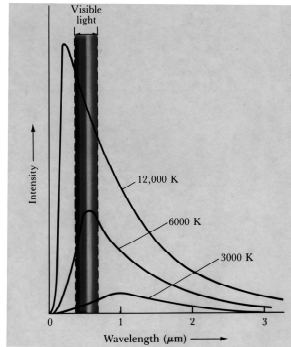
Ur Plancks strålningslag
Kan man härleda några
användbara relationer:

Wiens lag:

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

λ ges i Ångström (Å) och
T i Kelvin (K).

Alltså: ju hetare desto
blåare, ju svalare desto
rödare.



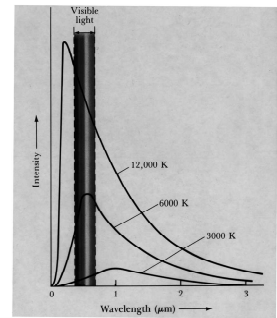
Stefan-Boltzmanns lag

Stefan-Boltzmanns lag:

$$F = \sigma T^4$$

σ kallas Stefan-
Boltzmanns konstant.

Den totala
energiutstrålningen från en
stjärna (eller svartkropp)
per ytenhet kallas flux och
betecknas med F.



Luminositet

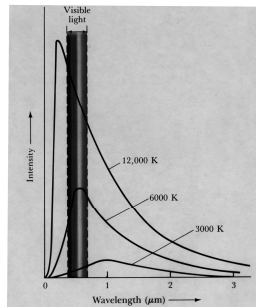
Den totala energiutstrålningen,
L, från en stjärna med radien R
fås av:

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

och:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

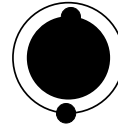
där L är luminositeten och
anges i Watt. En stjärnas
temperatur bestämmer
vilken färg den har.



Atomen

Bohrs atommodell:

- Kärna av protoner (p) och neutroner (n)
- Kärnan omges av elektroner (e)



Proton: positiv elektrisk laddning

Elektron: negativ elektrisk laddning

Neutron: neutral (varken positiv eller negativ)

Atomnummer

Olika grundämnen har olika atomnummer
(antal protoner).

Några exempel:

Väte: En proton

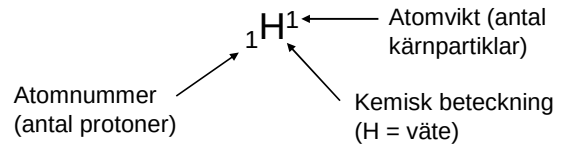
Helium: Två protoner

Litium: Tre protoner

Syre: Åtta protoner

Guld: Sjuttionio protoner

Atombeteckningar



Exempel på atombeteckningar:

Väte: ${}^1_1\text{H}$

Helium: ${}^4_2\text{He}$

Kol: ${}^{12}_6\text{C}$

Syre: ${}^{16}_8\text{O}$

Isotoper

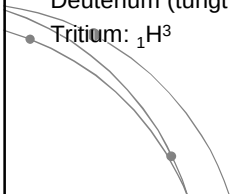
Isotoper av ett grundämne kännetecknas av olika antal neutroner.

Exempel: Isotoper av väte

Vanligt väte: ${}_1\text{H}^1$

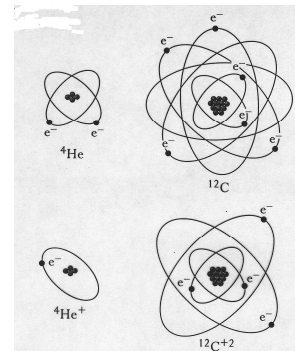
Deuterium (tungt väte): ${}_1\text{H}^2$

Tritium: ${}_1\text{H}^3$

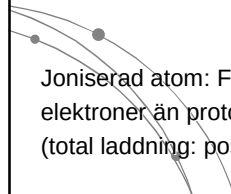


Jonisation

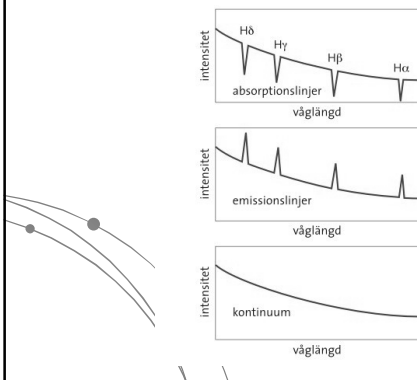
Neutral atom: Lika många protoner som elektroner (total laddning: 0)



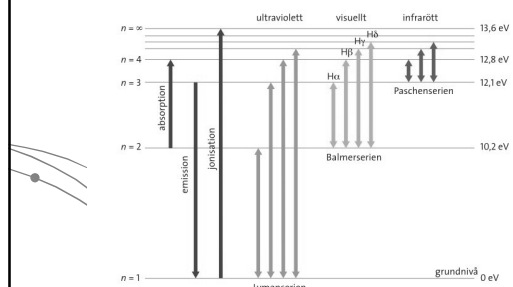
Joniserad atom: Färre elektroner än protoner (total laddning: positiv)



Olika sorters spektra

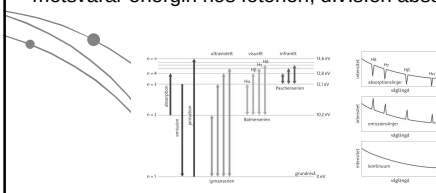


Energivådiagram för väte



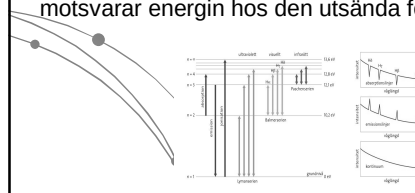
Absorptionslinjespektrum

- Fotonen för med sig energi som är mindre än jonisationspotentialen. En elektron "hoppas" till en högre energirikare nivå och språnget motsvarar energin hos den "infallande" fotonen (en bunden-bunden övergång).
- Resultat?**
Man får en reduktion av ljus vid en given våglängd som motsvarar energin hos fotonen, d.v.s. en absorptionslinje.



Emissionslinjespektrum

- Elektronen hoppar, nästan omedelbart, från den energirikare övre nivån till en lägre energifattigare nivå. Då utsänds en foton med en energi motsvarande skillnaden mellan nivåerna (en bunden-bunden övergång).
- Resultat?**
Man får en emissionslinje vid en våglängd som motsvarar energin hos den utsända fotonen.



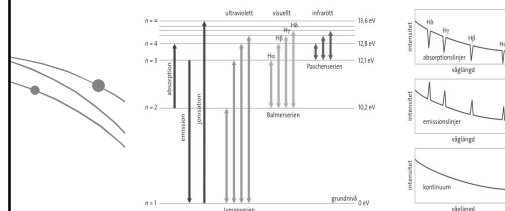
Kontinuerligt spektrum I

En foton för med sig energi som är minst lika stor som atomens jonisationspotential (för väte $\geq 13,6$ eV), d.v.s. atomen joniseras, elektronen är fri och en s.k. bunden-fri övergång har skett. Elektronen kan sedan "slå sig samman" med en atomkärna, dock inte nödvändigtvis samma atomkärna. Detta kallas rekombination och är en s.k. fri-bunden övergång.

Även s.k. fri-fria övergångar kan ske, d.v.s. elektronen lämnar en del av sin energi till atomen utan att rekombination sker.

Kontinuerligt spektrum II

I båda processerna emitteras en foton med godtycklig energi (alt. godtycklig våglängd, eftersom $E = hc/\lambda$), vilket ger ett kontinuerligt spektrum.



I rymden då?

- Är det tomt mellan strålningskällan och oss fås ett kontinuerligt spektrum.

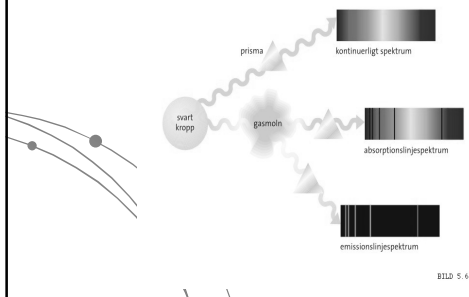


BILD 5.6

I rymden då?

- Är strålningskällan omgiven av en tunn och svalare stjärnatmosfär fås ett absorptionslinje-spektrum.
- Om strålningskällan inte finns i synlinjen fås ett emissionslinjespektrum, typiskt för nebulosor.

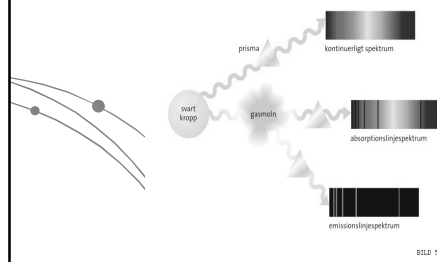


BILD 5.6

Absorptionslinjespektrum av en stjärna i vår granngalax Stora Magellanska Molnet (LMC).

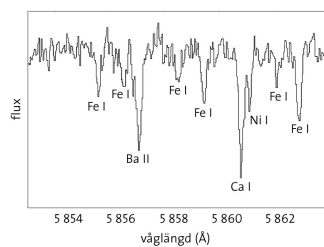
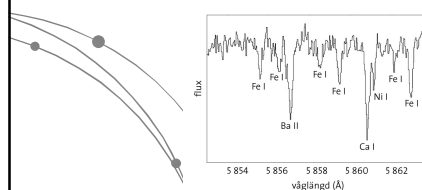


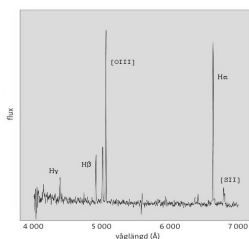
BILD 5.7

Absorptionslinjer hos stjärnor

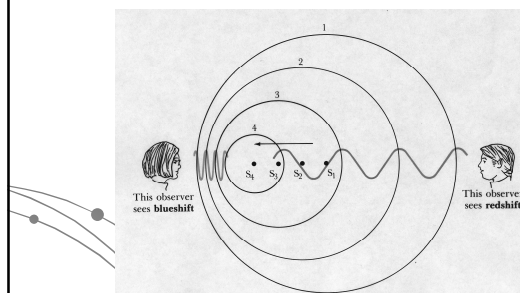
Hos stjärnor är den viktigaste orsaken till bildandet av absorptionslinjer att gasen blir kallare längre ut.



Emissionslinjespektrum av en gasrik galax.
Nebulosor uppvisar liknande spektra.



Dopplereffekten



Föremål som rör sig bort från oss blir rödförskjutna, medan de som närmar sig blir blåförskjutna.

Dopplereffekten II

Hastigheten ges av:

$$v = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

där λ_0 är vilovåglängden, λ den observerade våglängden och c ljushastigheten.

Positiv hastighet betyder rörelse bort från oss, medan negativ hastighet betyder rörelse mot oss.

Laboration: Månens bana på himlen och sideriska dygnets längd

Två övergripande uppgifter:

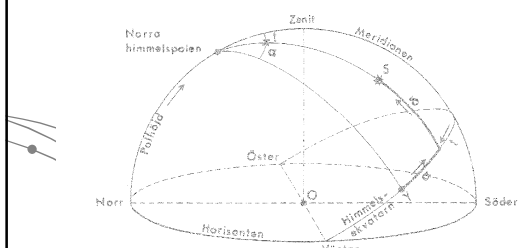
- Uppskatta månens koordinater på himlen och rita in dess bana på en stjärnkarta
- Genom observationer mäta sideriska dygnets längd

Kom ihåg:

Deadline för första inlämning är 15/4!

Månens bana på himlen I: Ekvatoriella koordinatsystemet

Astronomiska koordinater



Rektascension och deklination

Rektascension (RA) α :

Mäts i timmar (h), minuter (m), sekunder (s)
 $0 \text{ h} \leq \alpha \leq 24 \text{ h}$

Deklination (Dec) δ :

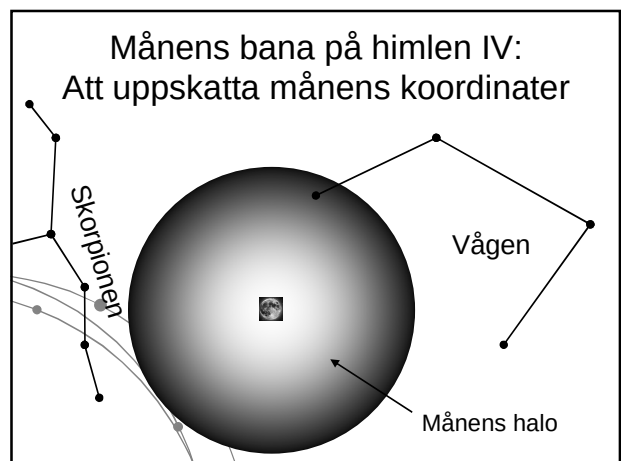
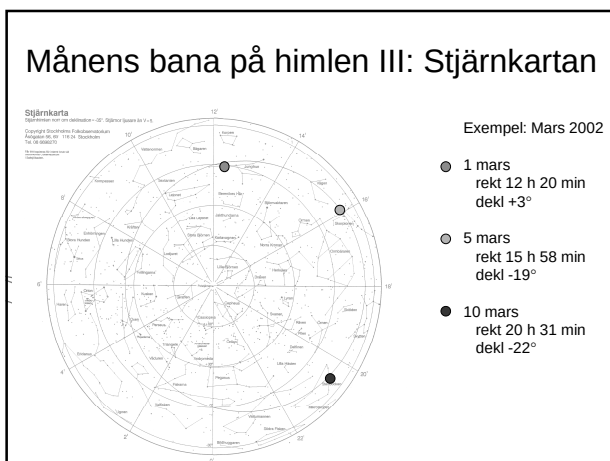
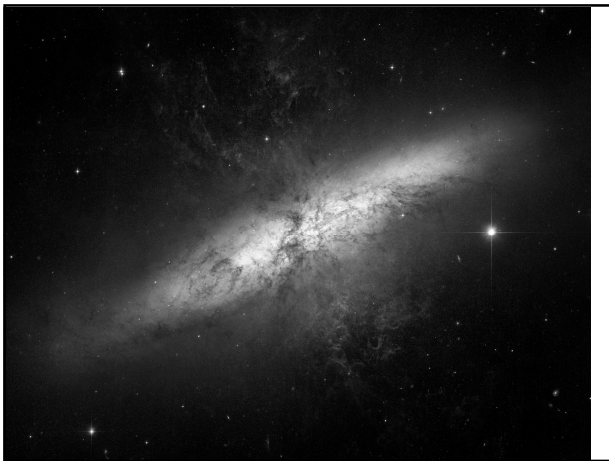
Mäts i grader ($^{\circ}$), bågminuter ($'$), bågsekunder ($''$)
 $-90^{\circ} \leq \delta \leq 90^{\circ}$

Exempel

Starburstgalaxen M82:

9 h 55 m 58 s, + 69 $^{\circ}$ 40' 46"

eller: 9 h 55 m 58 s, + 69 d 40 m 46 s

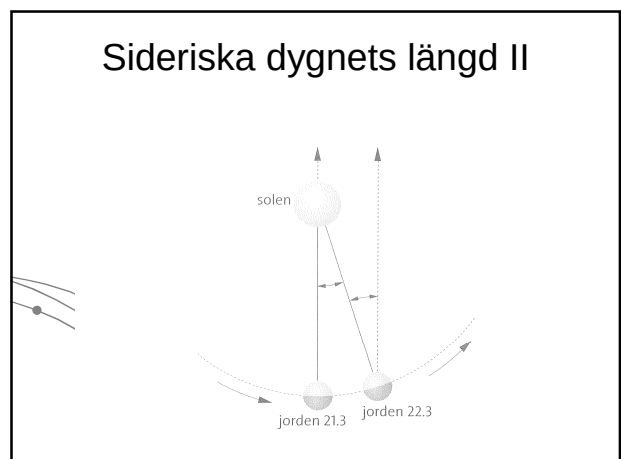


Sideriska dygnets längd I

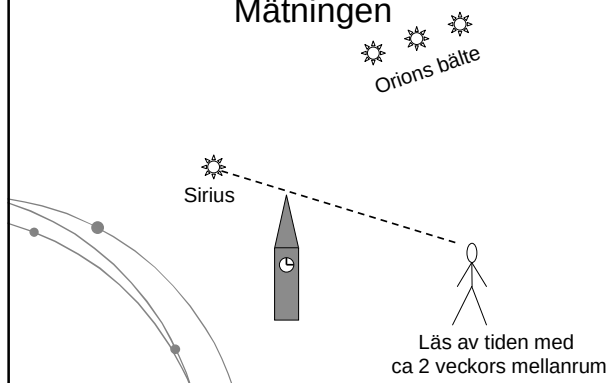
- Medelsoldygn (eller vanligt dygn):
24 h 00 min 00 s
- Stjärndygn (eller sideriskt dygn):
23 h 56 min 04 s

Detta är den tid det tar för jorden att rotera ett varv kring sin egen axel.

Varför denna skillnad?



Sideriska dygnets längd III: Mätningen



Sideriska dygnets längd IV: Beräkningen

Exempel (ur instruktionen):

Mätdata 1: 23:24 den 13/12

Mätdata 2: 22:32 den 24/12

Skillnad: 52 minuter på 11 dygn →

$52/11$ minuter per dygn $\approx$

5 minuter per dygn

Det sideriska dygnet är således ca 5 min kortare
än det vanliga dygnet, alltså ca 23h 55 min långt.