

Kommentarer til Keplers love

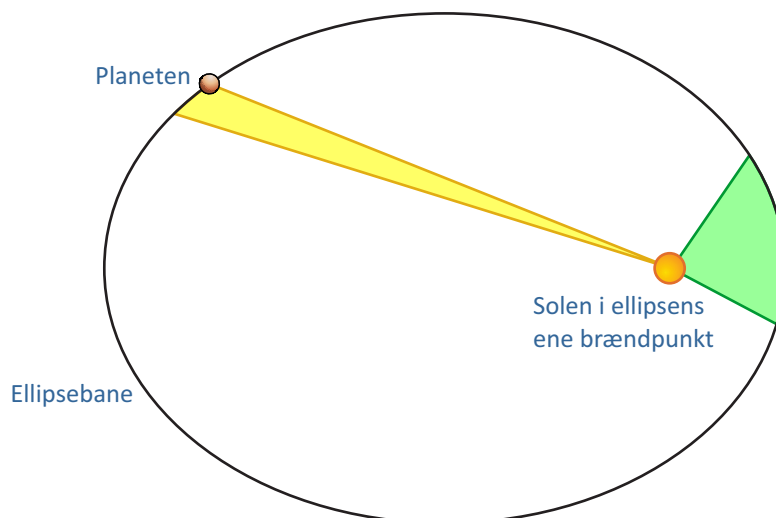
Keplers 1. lov

Enhver planet bevæger sig i en *ellipsebane* omkring Solen, med Solen placeret i ellipsens ene brændpunkt.

Kommentarer: Astronomen *Claudius Ptolemæus* (ca. 100-170 e.Kr.) fra Alexandria var den sidste store astronom fra antikken. I hans *geocentriske* verdensbillede var Jorden i hvile i Universet. Månen og planeterne bevægede i hans billede rundt på såkaldte *epicykler* på cirkler omkring Jorden. Disse "reparationer" med epicykler skyldes, at man ville have teorien til at stemme overens med observationerne. Blandt andet visse planeters *retrograde* bevægelse på himlen havde drillet indtil da. *Nikolaus Kopernikus* (1473-1543) kunne påvise en mængde problemer i Ptolemæus' model og fremsatte det nye *Heliocentriske verdensbillede*, hvor det er Jorden, som bevæger sig rundt om Solen. Kopernikus benyttede dog stadig de forkerte teorier med epicykler. Så kom *Johannes Kepler* (1571-1630) til, og på baggrund af Tycho Brahes nye og meget nøjagtige observationer af himmellegemerne, kom han på den idé at droppe epicykel-teorien til fordel for en teori om at planeterne bevæger sig i *ellipsebaner* omkring Solen, med Solen i et af brændpunkterne. Det er den teori, som vi bruger i dag. Teorien blev mindre end 100 år senere cementeret af fysikeren *Isaac Newton*, som kunne komme med en forklaring på, *hvorfor* det nødvendigvis måtte være ellipsebaner, nemlig som en konsekvens af hans *gravitationslov*. Massetiltrækningskraften mellem planeten og Solen får planeten til at bevæge sig i en ellipsebane!

Keplers 2. lov

En planets *arealhastighed* er konstant, dvs. en linje fra Solen til planeten overstryger lige store arealer i lige store tidsrum – se figuren.



Kommentarer: Denne lov medfører for eksempel, at en planet vil have en større hastighed, når den er tæt på Solen fremfor når den er længere væk fra Solen. Ellers ville arealhastigheden ikke kunne være konstant! Dette gælder ikke blot for planeter, men også for *kometer*, der naturligvis adlyder samme lov. I timen talte vi om, at det betyder at den berømte *Halleys komet*, hvis bane er en meget langstrakt ellipse (tænk på animationen vi så!), må bevæge sig meget hurtigt omkring Solen, når den var tættest på. Så selv om kometen har en omløbstid om Solen på knap 76 år, så havde vi på Jorden kun ca. tre uger at observere den i, før den igen forsvandt på sin vej ud mod og forbi Plutos bane.

Keplers 3. lov

Forholdet mellem kvadratet på omløbstiden T og middelfstanden a i tredje potens er konstant for planeterne:

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{konstant}$$

Kommentarer: Med udtrykket "middelfstanden" a menes i øvrigt mere præcist den halve *storakse* i ellipsen. Et eksempel på brug at loven er følgende: Vi har brug for data for at fastlægge konstanten. Det kunne fx være data om Jorden: Jordens middelfstand til Solen er 149,6 mio. km. og omløbstiden er (ikke overraskende) 1 år. Vi indsætter for at bestemme konstanten:

$$\text{konstant} = \frac{T^2}{a^3} = \frac{(1 \text{ år})^2}{(149,6 \text{ mio. km})^3} = 2,987 \cdot 10^{-7} \frac{\text{år}^2}{(\text{mio. km})^3}$$

Vi får nu at vide, at Halleys komet har en ellipsebane med en middelfstand til Solen på 2663 mio. km. Vi kan nu bruge Keplers 3. lov til at bestemme omløbstiden. I Maple løser vi en lille ligning med hensyn til den ukendte T , idet vi underforstår, at enheden for a er mio. km og enheden for omløbstiden T er år:

```
restart
a := 2663 :
solve( ( T^2 / a^3 = 2.987 * 10^-7, T ) = 75.10595297, -75.10595297
```

Altså er Halleys komet lidt over 75 år om at nå én gang rundt om Solen.

En anden konsekvens man hurtigt indser: For planeter, som er langt fra Solen (høj middelfstand a), må omløbstiden også være høj. Et år på Neptun er altså meget længere end et Jord-år! Faktisk er et Neptun-år knap 165 Jord-år.