

## Verdensbilleder

### A. Selvstændigt arbejde som forberedelse:

1. Følgende tekster læses grundigt *forud*, og der tages notater om personer, årstal, betydningsfulde opdagelser, samt hovedpunkter i de forskellige verdensbilleder:  
Flemming Clausen m.fl., *Skabt til at skabe*, s. 23-28 øverst (Naturen I-II)  
Flemming Clausen m.fl., *Analytisk geometri*, s. 36-40 (Renæssancen)  
Tabel med planetoplysninger
2. Følgende opgaver løses selvstændigt *forud* for det fælles arbejde:
  - 2.1 Lav for de 4 store astronomer, Kopernikus, Tycho Brahe, Johannes Kepler og Galilei en oversigt, der indeholder:
    - Hvornår levede de?
    - Hvilken nationalitet? Angiv nogle steder de arbejdede.
    - Nævn mindst én videnskabelig opdagelse for hver af de fire.
    - Nævn mindst ét af deres videnskabelige hovedværker.
  - 2.2 Omregn planettabellens oplysninger til mere overskuelige tal ved at sætte Solens radius til 10 cm. Udregn så de tilsvarende radier og afstande i solsystemet.
3. I løbet af ugen læses følgende tekst som forberedelse til at skrive den større opgave:  
Carl Henrik Koch, *Den europæiske filosofis historie* bd. 3, s. 39-70  
(*Den ny naturvidenskab 1540-1640: Copernicus, Tycho Brahe, Kepler og Galilei*)

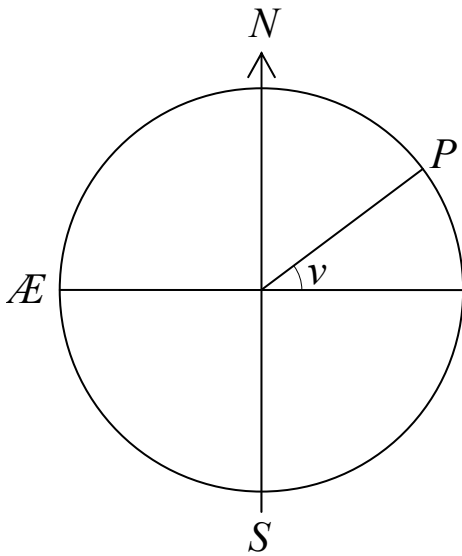
### B. Klasseundervisning om *Verdensbilleder* - Hvordan menneskene gennem tiderne har opfattet universet, specielt solsystemet. Sideløbende arbejdes med følgende opgaver:

#### Om solsystemet

1. Antag Jorden bevæger sig i en cirkel om Solen med en afstand til Solen på 150 mio. km. Beregn den hastighed, hvormed Jorden bevæger sig (i km/t).
2. Antag Jorden stod stille, og alle planeter og stjerner bevægede sig om Jorden én gang hvert døgn.
  - 2.1 Beregn den hastighed, hvormed Jupiter bevæger sig (i km/sek.), idet Jupiters afstand til Jorden sættes til 625 mio. km (når den er nærmest).
  - 2.2 Beregn den hastighed, hvormed den nærmeste stjerne bevæger sig (i km/sek.), idet dens afstand til Jorden er ca. 4 lysår, og 1 lysår er  $9,46 \cdot 10^{12}$  km.
3. Se på Jordens daglige omdrejning. Beregn med hvilken hastighed en mand ved Ækvator bevæger sig (km/t). Hvorfor kan han ikke mærke det?
4. *A* og *B* diskuterer, om det virkelig kan passe, at Jorden drejer sig om sin akse. De har udregnet hastigheden i den forrige opgave og finder det svært at acceptere, at en sådan fart ikke skulle kunne mærkes eller måles.
  - 4.1 *A* påstår nu, at *hvis* Jorden drejer, og han hopper *højt* i vejret, må han lande lidt bagved, hvor han stod. Derfor må det kunne afprøves. Hvad mener du?
  - 4.2 *B* foreslår et andet eksperiment: I stedet for at hoppe kravler hun op i et 100 m højt tårn og lader en kugle falde. Mens kuglen falder, drejer Jorden, så den vil lande bagved tårnets fod, ifølge *B*. *A* tror, han får den i hovedet. Hvad mener du?

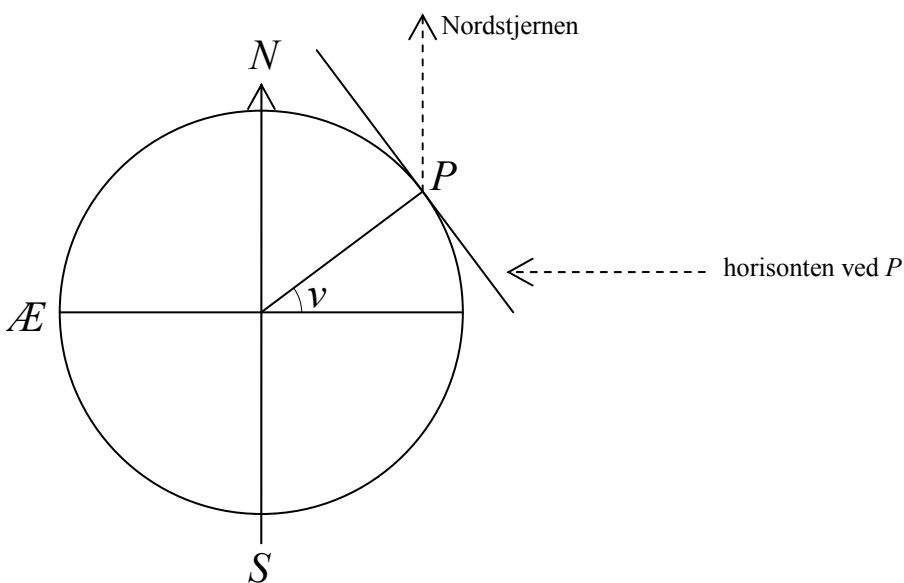
## Om at bestemme sin position på Jordkloden, f.eks. for et skib langt ude på havet

5. Breddegrader måles fra Ækvator ( $0^\circ$ ) til Nordpolen ( $90^\circ$ ):



$P$  er på  $v^\circ$  nordlig bredde.  
(Tilsvarende med sydlig bredde)

- 5.1 Forklar ud fra følgende tegning, hvordan du med hjælp fra Nordstjernen kan bestemme din breddegrad:

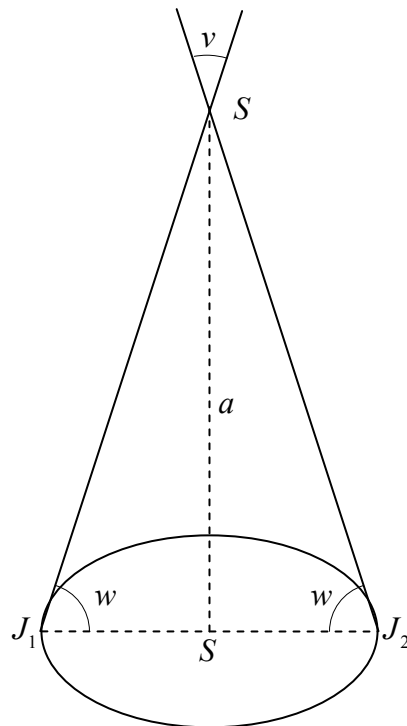


horisonten ved  $P$

6. Længdegrader måles ud fra Greenwich-observatoriet ved London. Alle punkter på en halvcirkel fra Nordpolen ned gennem Greenwich til Sydpolen har længdegrad  $0^\circ$ . Herfra måles graderne i henholdsvis østlig og vestlig længde, så der på Jordkloden stik modsat Greenwich er  $180^\circ$  østlig og  $180^\circ$  vestlig længde (dette er omtrent den såkaldte datolinje).
- 6.1 Hvis klokkeslettet i Greenwich er fastsat til 12 middag, når solen dér står højest på himlen, og hvis vi har pålidelige ure til rådighed, forklar så hvorledes vi på et skib kan bestemme vores position.

## Om afstanden til stjernerne

7. Tycho Brahe kunne med sin egne øjne skelne forskelle i position på himlen ned til  $\frac{1}{2}$  bueminut ( $1^\circ = 60$  bueminutter, 1 bueminut = 60 buesekunder). Han kunne ikke tilslutte sig Kopernikus' system med Solen i centrum af flere grunde, men især fordi han ikke kunne måle nogen *parallakse*:



Med et halvt års mellemrum er Jorden i  $J_1$  og i  $J_2$ . Begge steder måles vinklen mellem sigtelinjen til stjernen  $S$  og til Solen: Vinklerne  $u$  og  $w$  på tegningen. Dette kan give os vinkel  $v$  ved stjernen. Denne vinkel er netop *parallaksen*.

Lad os forenkle beregningerne lidt og sige  $u = w$ .

Jordens afstand til Solen kaldes 1 astronomisk enhed, 1 AE.

- 7.1 Hvis nu  $v$  er  $\frac{1}{2}$  bueminut, og Jordens afstand til Solen sættes til 1 enhed, hvor stor er da afstanden  $a$  målt i astronomiske enheder?  
Tycho Brahe mente, dette tal var helt urealistisk.
- 7.2 Nærmeste stjerne er ca. 4 lysår borte. 1 lysår er ca.  $9,46 \cdot 10^{12}$  km. 1 astronomisk enhed (Jordens afstand til Solen) er ca. 150 mio. km. Hvor mange astronomiske enheder er stjernen borte?
- 7.3 Benyt tegningen ovenfor og beregn parallaksen for den nærmeste stjerne.

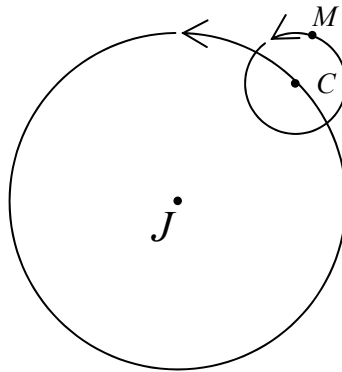
Udviklingen i præcisionen i bestemmelsen af stjernernes position:

Tycho Brahe, omkring 1600:	0,5 bueminutter
Flamsted, omkring 1700:	10 buesekunder
Ole Rømer, omkring 1707:	6 buesekunder
Bessel, omkring 1820:	1 buesekund

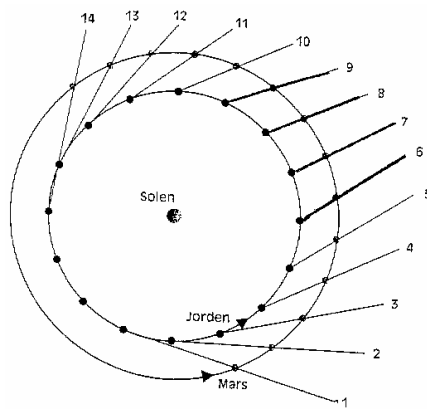
## Om epicykelbevægelser

8. Observationer fra Jorden af f.eks. Mars' og Jupiters baner fortæller, at disse planeter af og til bevæger sig lidt baglæns og derefter fremad igen (astronomer kalder dette en *retrograd* bevægelse). Overvejelser om dette mærkelige fænomen førte den græske astronom Ptolemæus (ca. 90 – 150 e.Kr.) frem til den såkaldte epicykelbevægelse som en egnet forklaring på fænomenet:

Omkring centret  $J$  bevæger et fiktivt punkt  $C$  sig i en jævn cirkelbevægelse. Samtidig bevæger planeten  $M$  sig omkring punktet  $C$ , ligeledes i en jævn cirkelbevægelse:

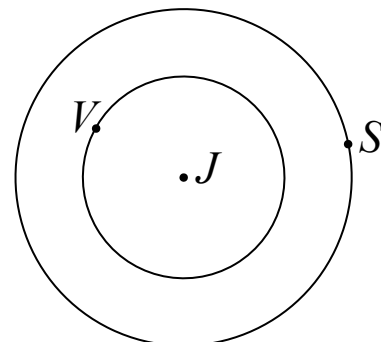
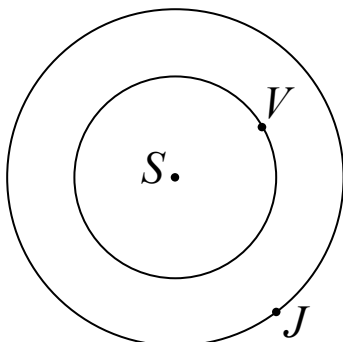


- 8.1 Lav en skitse af, hvorledes  $M$ 's samlede bevægelse rundt om  $J$  ser ud.
- 8.2 Forklar ved hjælp af følgende tegning, hvorledes den baglæns (retrograde) bevægelse kan forklares ud fra det moderne verdensbillede.



*Jordens og Mars' bevægelser omkring Solen.*

- 8.3 Sammenlign de mulige vinkler mellem  $S$ ,  $J$  og  $V$  (Solen, Jorden og Venus) i de to verdenssystemer med henholdsvis Solen og Jorden i centrum. Hvilket af systemerne har et problem?



## Forandringer i det naturvidenskabelige verdensbillede i renæssancen

*Du skal skrive en af følgende 8 opgaver. Den skal have form som en stil, og den bør i sit materiale inddrage noget af det, du har arbejdet med forud. Du kan få hjælp til litteratur.*

### 1. Antikkens og middelalderens verdensbillede

- a) Hvem var Aristoteles, hvor og hvornår levede han? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Hvem var Ptolemæus, hvor og hvornår levede han? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- c) Hvad er Aristoteles' forklaring på bevægelser, såsom at et stykke træ falder til jorden, når man løfter det og derefter slipper, eller at en gasballon stiger til vejrs?
- d) Hvad var Ptolemæus' bidrag til astronomien? Giv en fremstilling af det verdensbillede som Aristoteles og Ptolemæus kom til at stå for. Var det den eneste kosmologiske teori i antikken?
- e) Giv en vurdering af, hvorfor deres teori egnede sig så godt til en beskrivelse af verden, som den så ud i senmiddelalderen (slutningen af 1200-tallet). Hvilke grunde kan der være til, at det efterhånden blev nødvendigt at lede efter et alternativ?

### 2. Kopernikus' verdensbillede

- a) Hvem var Kopernikus, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Hvad var Kopernikus' bidrag til astronomien? Giv en fremstilling af Kopernikus' kosmologiske teori og af de afgørende forskelle mellem hans verdensbillede og det, som Aristoteles og Ptolemæus stod for.
- c) Hvorfor var astronomi og korttegning så vigtig i denne tid?
- d) Hvornår og hvordan offentliggjorde Kopernikus sin teori? Hvordan skal man forstå det, når Kopernikus taler om sin teori som blot en matematisk model?
- e) Giv en vurdering af, hvilken rolle Kopernikus' teori fik i samtiden og eftertiden.

### 3. Tycho Brahes verdensbillede

- a) Hvem var Tycho Brahe, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilken samfundsstruktur var fremherskende, og hvilke danmarkshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Hvordan blev han berømt i samtiden? Hvad var Tycho Brahes bidrag til astronomien? Giv en fremstilling af hans kosmologiske teori («Det Tychonske System»). Hvorfor forkastede han Aristoteles' og Ptolemæus' verdensbillede, og hvorfor kunne han ikke godtage Kopernikus' teori. Hvilke redskaber/hjælpemidler havde Tycho Brahe?
- c) Nævn nogle grunde til, at det må have været og egentlig også er så svært at forestille sig en jord, der bevæger sig. Hvad forstås ved »parallakseproblemet«?
- d) Hvornår og hvordan offentliggjorde Tycho Brahe sine teorier?
- e) Giv en vurdering af, hvilken rolle Tycho Brahes indsats fik i samtiden og eftertiden.

#### 4. Johannes Keplers verdensbillede

- a) Hvem var Johannes Kepler, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Hvordan kom han i forbindelse med Tycho Brahe? Hvilken rolle spillede Tycho Brahe for udviklingen af Keplers teorier, og hvad var Keplers holdning til Tychos Brahes og til Kopernikus' systemer?
- c) Giv en fremstilling af de fysiske love, som Kepler fandt frem til. Hvordan fandt han dem? Keplers første to love gør op med en af Aristoteles' grundlæggende doktriner, der har været accepteret i alle systemer hidtil. Hvad går dette ud på?
- d) Hvornår og hvordan offentliggjorde han sine teorier?
- e) Giv en vurdering af den rolle, Kepler spillede i samtiden og i eftertiden.

#### 5. Galileis verdensbillede

- a) Hvem var Galileo Galilei, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Giv en fremstilling af Galileis *videnskabelige metode*.
- c) Hvad er »De mediceiske stjerner«, og hvilken rolle spillede opdagelsen af disse for Galilei? Hvordan fandt han dem?
- d) Hvornår og hvordan offentliggjorde han sine teorier?
- e) Galilei blev indklaget for den katolske kirkes inkquisition. Giv en fremstilling af denne sag, hvilke fortilfælde var der, hvorfor blev Galilei indklaget, og hvordan gik det?
- f) Giv en vurdering af den rolle, Galilei spillede i samtiden og i eftertiden.

#### 6. Galileis metode

- a) Hvem var Galileo Galilei, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid?
- b) Giv en fremstilling af de afgørende forskelle mellem Galileis og Aristoteles' opfattelser af mulighederne for at anvende matematikken til beskrivelse af naturen.
- c) Illustrér forskellene i opfattelser gennem Galileis og Aristoteles' beskrivelse af henholdsvis *det frie fald*, og *det skrå kast*.
- d) Den naturvidenskabelige metode kan kort udtrykkes gennem begreberne *matematisering*, *den hypotetisk-deduktive metode* og *den eksperimentelle metode*. Eksemplificér dette.
- e) Hvornår og hvordan offentliggjorde Galilei sine teorier?
- f) Giv en vurdering af den rolle, Galilei spillede i samtiden og i eftertiden.

## 7. Rene Descartes' metode

- Hvem var Rene Descartes, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvilke verdenshistoriske begivenheder udspillede sig på hans tid, og hvorledes tog han selv del i disse?
- Descartes' »metodiske tvivl« er et resultat af den erfaring, at man ikke altid kan stole på sanserne. Hvordan skal det forstås?
- Descartes' analytiske metode udvikledes under inspiration af matematikeren Pappus, der levede ca. 300 e.Kr. De centrale begreber er *analyse* og *syntese*. Giv en fremstilling af, hvad der menes hermed.
- Beskriv nogle eksempler på anvendelse af den analytiske metode:
  - i Galileis fysik,
  - i renæssancens malerkunst,
  - i matematik.
- Hvornår og hvordan offentliggjorde Descartes sine teorier?
- Giv en vurdering af den rolle, Descartes spillede i samtiden og i eftertiden.

## 8. Isaac Newtons verdensbillede

- Hvem var Isaac Newton, hvor og hvornår levede han? Hvad var hans uddannelse, og hvad levede han af? Hvordan var styreformen i England på dette tidspunkt, og hvordan var Newtons sociale position i hans velmagtsdage?
- Hvad er hovedindholdet i Newtons hovedværk, *Principia Mathematica*, og hvornår offentliggjorde han det? Hvilken indflydelse fik dette værk i samtiden.
- Giv en fremstilling af forholdet mellem Newtons teorier og de hidtidige: Galileis, Keplers, Tycho Brahes og Kopernikus' samt en vurdering af Newtons rolle i naturvidenskabernes udvikling.

### Afstande og omløbstider i solsystemet

	Radius (i km)	Afstand til Solen (i mio. km)	Omløbstid om Solen
Solen	695.000		
Merkur	2439	57,9	88 døgn
Venus	6051	108,2	225 døgn
Jorden	6378	149,6	1 år
Månen	1738	384.400*	27,3 døgn*
Mars	3397	227,9	687 døgn
Jupiter	71.398	778	11,87 år
Saturn	60.000	1429	29,46 år
Uranus	25.400	2870	84 år
Neptun	24.300	4497	165 år
Pluto	2900	5900	248 år

\* Afstand til Jorden, samt omløbstid om Jorden.