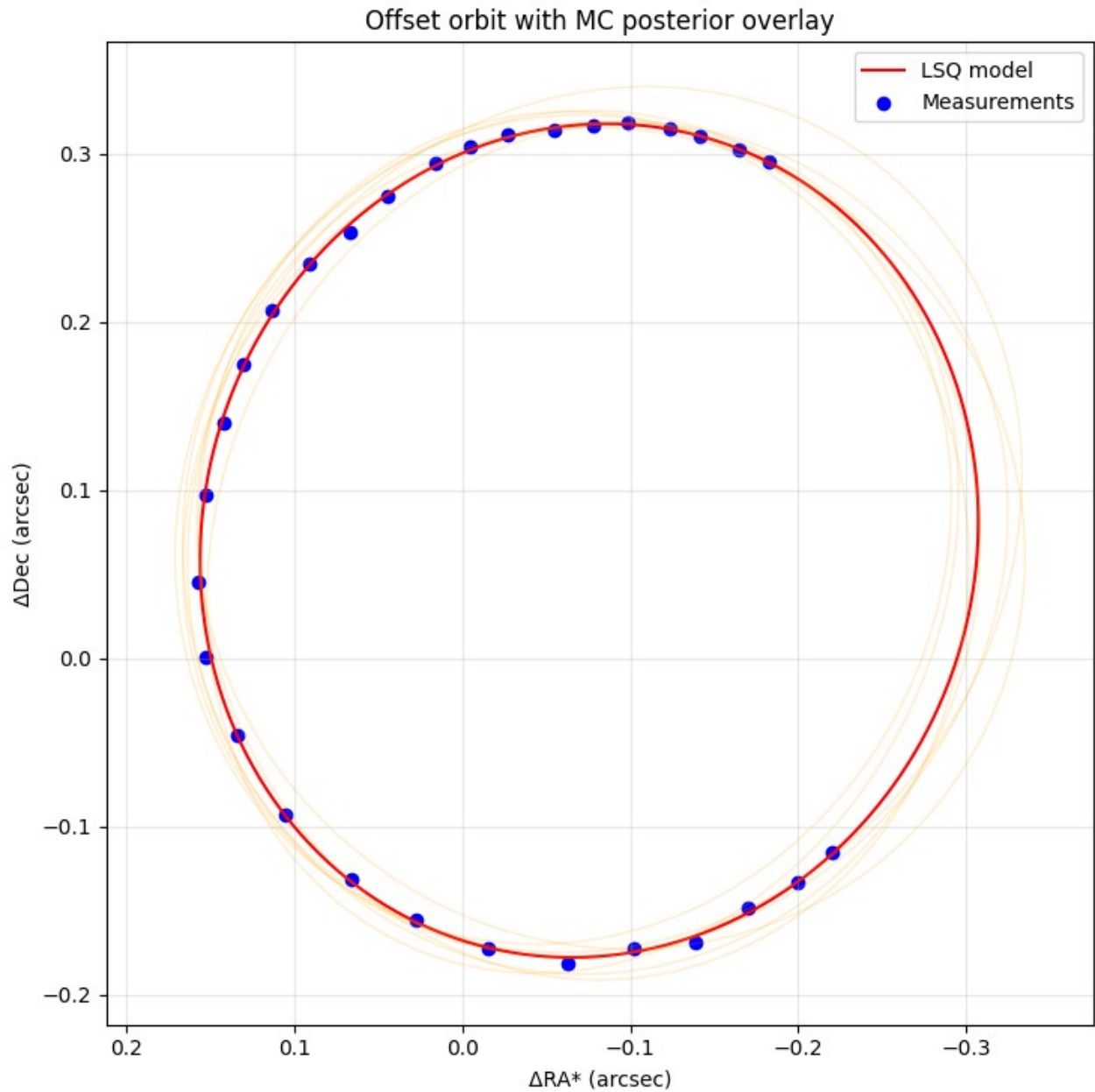


Stjerner baner

Bestemmelse af ellipsebaneparametre ud fra observationer af stjerner og anvendelse af baneparametrene.



Af Michael A. D. Møller, 12-03-2026

1 Teori

Når man observerer stjerner, ser man deres position i 2 dimensioner. Typisk er det rektascension og deklination, man måler. Men stjernerne bevæger sig jo også i radial retning, dvs. man skal rekonstruere ellipsebanen i rummet ved hjælp af de positioner og tidspunkter, man måler med teleskopet.

Det viser sig, at man skal bruge 6 målinger, men gerne *mange* flere, til at rekonstruere banen, og punkterne skal enten ligge omkring pericenteret af stjernens bane eller være spredt rundt over hele banen. Det er jo et problem, for det vides ikke hvor pericenteret er, og perioden mangler at blive bestemt.

For stjerner, der ligger "tæt" på solsystemet er der også egenbevægelse og parallakseeffekt at tage hensyn til, hvilket komplicerer banebestemmelsen. Vi må altså bare håbe, at vi har passende målinger til rådighed.

1.1 Orbit-programmet

Selve tilpasningen af en ellipsebane til punkterne gøres ved hjælp af programmet *Orbit_v11.exe* eller *Orbit_v11.py*. Programmet samt data ligger i arkivet *Orbit_v11.zip*, som ligger på samme websted som denne opgave.

I mappen med datasæt findes 3 øvesæt, hvor rektascension, deklination og observationstidspunkt er angivet. Øvesættene er simulerede målinger. De er for stjernerne *S1*, *S2* og *S13*. De kredser alle sammen om Mælkevejens sorte hul *Sgr A**. Når filerne indlæses, skal man benytte sig af faneblandet *RA/Dec-mode*. Når talsættet er indlæst, skal man trykke på knappen *Compute Orbit* og så tilpasser programmet en ellipse, så man får halve storakse *a* i enheden buesekunder, eccentriciteten, *e*, Omløbstiden, *P*, i samme enhed som inputenheden for tid og endelig bestemmes tidspunktet for pericenterpassage og banens inklination ift. himmelbaggrunden.

Hvis man trykker på *Plot orbit* kan man se om ellipsen ligger pænt omkring punkterne.

Der findes også to andre ægte datasæt for *S1* og *S2*, hvor vinkelafstanden fra det sorte hul *Sgr A** er angivet i stedet for rektascension og deklination. Hvis man vil bruge de data, skal fanebladet *Offset mode* bruges i stedet for. I *Offset Mode* får man også mulighed for at bruge såkaldt *Monte Carlo*-fittemetode.

Der findes også datasæt for dobbeltstjernen *α Cen A* og *-B*. De er alle rigtige observationsdata.

2 Opgave – stjernerne S1, S2 og S13

- Åbn programmet *Orbit_v11*.
- Indlæs datafilen *S1.csv*, som ligger i mappen *Data\Syntetiske data*.
- Bestem baneparametrene og sammenlign med tabelværdier, som kan findes i mappen *Artikler*.
- Gentag for *S2.csv* og *S13.csv*.
- Benyt fanebladet *Offset mode* og indlæs *S13 offset Copilot.csv*. Sammenlign baneparametrene for fittet med dem, som du fik i spørgsmål d.

3 Opgave – stjernerne S1 og S2 med offset-data

- Åbn programmet *Orbit_v11*.
- Indlæs datasættet *S1 offset Gillessens-Schödel.csv*.
- Bestem den halve storakse, eccentriciteten og omløbstiden.

- d) Tabelværdier for S_1 er $a = 0,059''$, $e = 0,56$ og $P = 166$ yr. Sammenlign dine resultater med tabelværdiens og kommenter resultaterne.
- e) Gentag for S_2 offset *Gillessens-Schödel.csv*. (Se tabelværdier i mappen *Artikler*.)

4 Opgave – Det sorte hul Sgr A*s masse

Du har brug for resultaterne fra sp. e i opgave 3.

I forrige opgave så du at der ikke er nok ægte målepunkter til at bestemme S_1 s bane ordentligt, så herunder bruges resultaterne fra stjernen S_2 .

- a) Antag at afstanden ind til Mælkevejens centrum er 8,32 kpc. Hvor langt skal et objekt være i den afstand, for at det fylder $1''$ på himmelen?
- b) Hvor lang er S_2 s halve storakse målt i pc? Og i AU?
- c) Benyt Keplers 3. lov til at beregne massen af $Sgr A^*$.
- d) Tabelværdien for massen er $3,9 M_{sol}$. Sammenlign dit resultat med tabelværdiens.

5 Opgave: α Cen AB-systemet

I mappen *Data* findes observationer af dobbeltstjernesystemet α Cen A og -B.

- a) Benyt Akeson-dataene til at bestemme banekonstanterne for systemet. Kommenter graferne.
- b) Benyt *alphaCen A offset.csv* til at bestemme perioden og den halve storakse i $''$ for α Cen A.
- c) Gentag for α Cen B.
- d) Der er 1,31 pc til stjernesystemet. Omregn de to stjerners halve storakser, a , til enheden pc.
- e) I Keplers 3. lov bruges den halve storakse for den relative bevægelse. Den er summen af de halve storakser for de to stjerner. Beregn den.
- f) Du fik sikkert en for stor værdi for perioden. (Tabelværdien er 80 yr.) Det skyldes, at banen hælder dumt i forhold til fitterutinen. Professionelle astronomer har brugt tusindevis af målinger for at bestemme den præcise bane, og så mange data har vi ikke til rådighed.
- g) Benyt perioden 70 yr og og benyt derefter Keplers 3. lov til at bestemme den samlede masse af systemet.
- h) En tabelværdi for systemet er $2 M_{sol}$. Sammenlign dit resultat med tabelværdiens.