

Drabant om centralmasse

En drabant, der bevæger sig om en centralmasse, bevæger sig oftest på en krum bane. Når et legeme bevæger sig på en krum bane, er det nødvendigvis påvirket af en acceleration. Det er bl.a. derfor nøjagtigere at antage, at accelerationen er konstant i små tidsrum, end at antage, at hastigheden er konstant i små tidsrum. Det viste program i FPro3 udnytter dette.

Hvis drabantens hastighed lige netop svarer til, at den skal bevæge sig i en cirkel om centralmassen, bliver det en cirkel i programmet – selv efter 100 gennemløb. Er hastigheden af drabanten lidt for stor eller lidt for lille til at bevæge sig i en cirkel, bliver banekurven en ellipse med centralmassen i det ene brændpunkt.

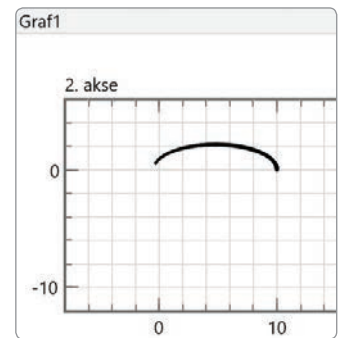
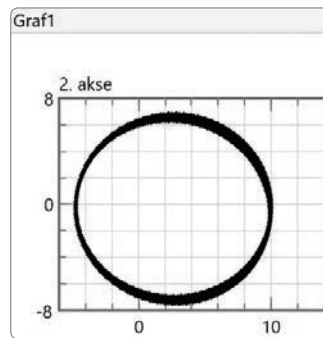
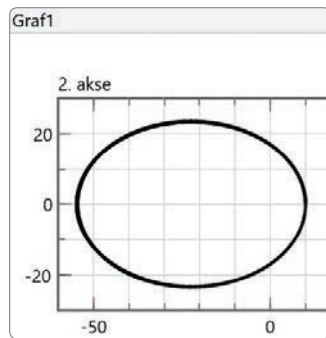
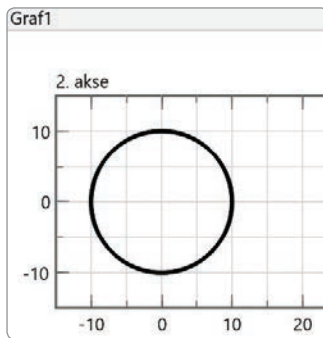
Hvis drabantens hastighed er meget lille, snirkler drabanten rundt om centralmassen, indtil den bliver opslugt af centralmassen. Og er drabantens hastighed for stor, vil den kunne forsvinde fra centralmassen. Indsættes værdier for gravitationskonstanten og centralmassen, regner programmet de "rigtige" værdier for undvigelseshastigheder m.m. ud. Ser kurven for mærkelig ud, skal steplængden Q gøres mindre.

Klar program

```
// Drabant om centralmasse  $FG=GmM/r^2$ 
A:=10
B:=0
// Start stedvektor  $ro=(A,B)$ 
C:=0
D:=10
//Start hastighed  $v=(C,D)$  . er  $v=(0,10)$  bliver det en cirkel
Q:=0.05
// Q er en slags tidrum
i:=1
// Løkkeparamameteren
imax:=13000
// max antal kørsler
GM:=1000
//GM er gravitationskonstanten G gange med massen M
```

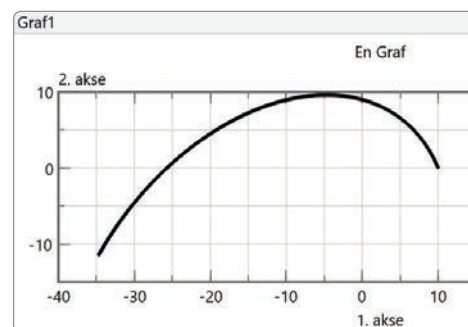
Løkke program

```
i:=i+1
// Løkken startes
E:=GM/(A^2+B^2)^1.5*(-A)
F:=GM/(A^2+B^2)^1.5*(-B)
//Accelerations vektoren beregnes  $a=(E,F)$ 
A:=A+C·Q+0.5·E·Q^2
B:=B+D·Q+0.5·F·Q^2
// Stedvektoren beregnes ud fra hastigheden og accelerationen  $r=(A,B)$ 
G:=E
H:=F
//Accelerationsvektoren gemmes
E:=GM/(A^2+B^2)^1.5*(-A)
F:=GM/(A^2+B^2)^1.5*(-B)
//Ny accelerationsvektor beregnes
C:=C+0.5·(E+G)·Q
D:=D+0.5·(F+H)·Q
//Ny hastighedsvektor beregnes
x:=A
y:=B
// Variableerne for stedvektoren omdøbes, for at lette forståelsen, når grafen skal tegnes
if (A^2+B^2)<0.5 then stop
// Programmet stoppes hvis drabanten rammer centralmassen
if i>imax then stop
//Løkken stoppes.
```



Graferne viser i rækkefølge banekurven for en drabant, når hastigheden til venstre giver en cirkel. Derefter en ellipse: når hastigheden er "for stor", når hastigheden er lidt "for lille" og når hastigheden er "meget lille". Nedenunder ses, når drabanten undslipper centralmassen.

For en nærmere forklaring på, hvorfor programmet er lavet som det er, se på hjemmesiden fysikogmatematik.wordpress.com under *Fysik Astronomi*, samt på siden om *Programmering*, hvor der er et link til FPro3-programmet.

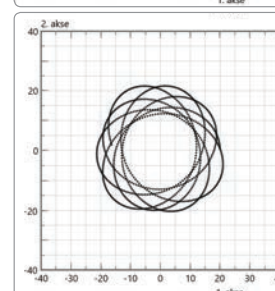
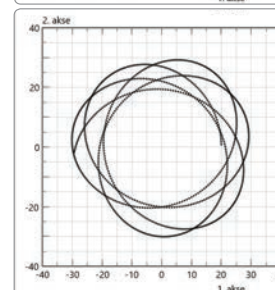
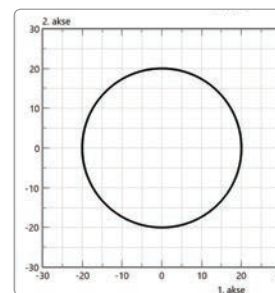


Drabant snirklende rundt i en galakse, hvor galaksens masse vokser med afstanden til centrum

Der er observeret mange galakser, hvor stjernernes fart er konstant. Det kan forklares ved, at galaksens masse vokser med afstanden fra centrum af galaksen. Stjernerne vil bevæge sig rundt om centrum af galaksen. Men hvis de får et lille skub, begynder de at bevæge sig rundt i snirklede baner omkring centrum. Banekurverne ligner hypocykloider, men det er det ikke. Jeg kalder dem derfor *snirkloider*.

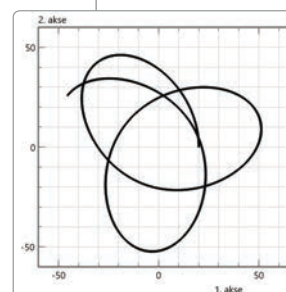
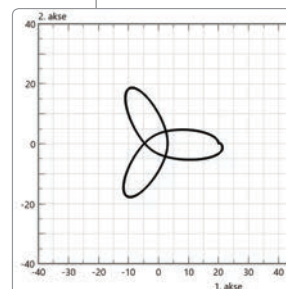
Klar program

```
// Drabant om centralmasse  $M=K \cdot r$ , hvor K er en konstant
K:=50
A:=20
B:=0
// Start stedvektor  $ro=(A,B)$ 
C:=0
D:=(50)^0.5*1.2
//Start hastighed  $v=(C,D)$ 
//hvis  $v=(0,K^0.5)$  bliver kurven en cirkel
Q:=0.1
// Q er en slags tidrum
i:=1
// Løkkeparameteren
imax:=2000*0.5
//antal step
```



Løkke program

```
i:=i+1
// Løkken startes
GM:=K·(A^2+B^2)^0.5
E:=GM/(A^2+B^2)^1.5·(-A)
F:=GM/(A^2+B^2)^1.5·(-B)
//Accelerations vektoren beregnes a=(E,F)
A:=A+C·Q+0.5·E·Q^2
B:=B+D·Q+0.5·F·Q^2
// Stedvektoren beregnes ud fra hastigheden og accelerationen r=(A,B)
G:=E
H:=F
//Accelerationsvektoren gemmes
E:=GM/(A^2+B^2)^1.5·(-A)
F:=GM/(A^2+B^2)^1.5·(-B)
//Ny accelerationsvektor beregnes
C:=C+0.5·(E+G)·Q
D:=D+0.5·(F+H)·Q
//Ny hastighedsvektor beregnes
x:=A
y:=B
// Variablerne for stedvektoren omdøbes, for at lette forståelsen, når grafen skal tegnes
if (A^2+B^2)<1 then stop
// Programmet stoppes hvis drabanten rammer centralmassen
if i>imax then stop
//Løkken stoppes.
```



Programmet i FRro3 beregner banekurven for en drabant, kredsende rundt i en galakse, hvor massen vokser med afstanden til centrum.

Graferne viser banekurven for en drabant: På forrige side, når hastigheden er tilpasset en cirkel, når hastigheden er hhv. lidt

for stor og lidt for lille. Ovenfor ses tilfældene, hvor hastigheden er hhv. meget lille og meget stor.

Se fysikogmatematik.wordpress.com under *Fysik Astronomi* og find FPro3-programmet under *Programmering*. Se under *Virialsætningen* om energiforholdene i den slags galakser.

Galaksers udseende

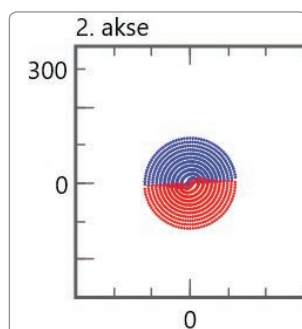
Universet udvider sig, så på et tidspunkt må galakserne have været meget tæt på hinanden. Dette er ideen bag det lille FPro-program, der kan beregne stort set alle spiralgalaksers udseende ud fra meget få startbetingelser af op til fire nabogalakser.

FPro-programmet laver først et antal cirkelbaner af stjerner i galaksen, med lige mange stjerner i hver bane. Det repræsenterer, at massen i mange galakser vokser med afstanden fra centrum.

Dernæst bliver hver enkelt stjernes bane beregnet ud fra gravitationskraften fra galaksen og gravitationskræfter fra nabogalakserne. Hvis en stjerne først har fået et lille skub væk fra cirkelbanen om centrum af galaksen, begynder stjernen at bevæge sig i en *snirkloide* – se ovenfor. Det gør alle stjernerne, og det giver forskellige udseender af galaksen.

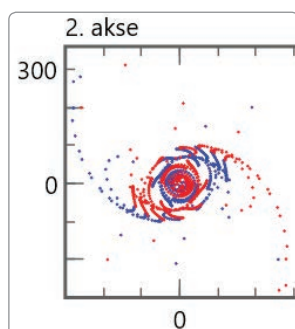
FPro-programmet ligger på hjemmesiden fysikogmatematik.wordpress.com under *Programmering*. En nærmere forklaring kan findes på siden *Fysik Astronomi*.

Eksempel 1



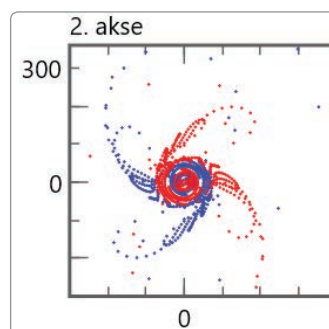
Startgalaksen med 12 baner og 100 stjerner i hver bane. De to farver er lidt af historiske grunde. Det tog ca. 8 timer at køre FPro-programmet for 20 år siden, så hvis nabogalakserne lå symmetrisk om galaksen, sparedes der mange timer med at køre programmet for det halve antal stjerner. De to farver gør det så interessant at følge, hvordan stjernerne bliver fordelt, når nabogalakserne påvirker galaksen.

Eksempel 2



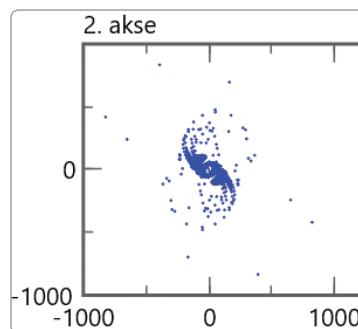
To nabogalakser meget tæt på galaksen, her set efter ca. 8 om-løb for de inderste stjerner.

Eksempel 3



Fire nabogalakser tæt på galaksen.

Eksempel 4



Fire nabogalakser tæt på galaksen, og en bjælke kan dannes. Bemærk også, at der er mange stjerner, der bliver spredt et godt stykke væk fra startgalaksen.

Generelt kan de fleste spiralgalaksers design dannes ud fra de fire nabogalakser. En nabogalakse giver en arm i spiralgalaksen, to kan give to arme i spiralgalaksen, tre nabogalakser kan give tre arme i spiralgalaksen.



Eksempel 5

Indskannede billeder af spiralgalakser beregnet i Fpro tilbage i 2001.

Som det ses, kan mange forskellige slags spiralgalakser dannes, hvis der engang har været nabogalakser tæt på. Det er selvfølgelig ikke sikkert, at de er dannet på denne måde.