

Venuspassager

Att Venus passerar framför solskivan den 8 juni är allom bekant, och att fenomenet upprepas om 8 år, den 6 juni 2012 är nog också välkänt – men sedan får den som gitter vänta i 105,5 år tills nästa gång. Då sker passagen på vintern istället, 11 december 2117, och så tidigt att hos oss har solen inte ens gått upp. Men varför kommer Venuspassagera med så underliga mellanrum. Är det alltid så?

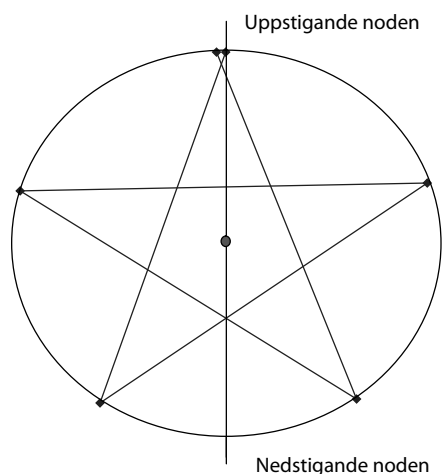
AV GUNNAR CARLIN (TEXT & GRAFIK)

För att det skall bli en Venuspassage krävs två saker:

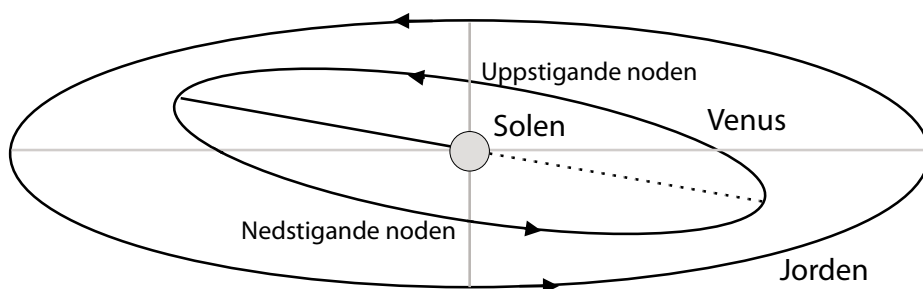
1) Att Venus befinner sig i undre konjunktion med solen

2) Att Venus befinner sig i en nod i sin bana

Undre konjunktion är inget ovanligt fenomen. Undre konjunktion betyder att jorden, Venus och solen ligger på en rät linje med Venus i mitten, när man



Venus bana lutar något i förhållande till jordens bana. Banplanen skär varandra i de uppstigande och nedstigande noderna.



Läget för Venus i sin bana under en cykel av fem undre konjunktioner.

betraktar solsystemet från ovan. Avståndet mellan jorden och Venus är då minimalt. Efter en undre konjunktion avlägsnar sig den snabbare Venus från den långsammare jorden, och hinner upp jorden igen efter c:a 1,6 år. Intervallet mellan två undre konjunktioner kallas synodisk omloppstid (synod betyder plats för möten). Den tid det tar för en planet att fullborda ett helt varv runt solen kallas siderisk omloppstid (siderisk betyder i förhållande till stjärnorna). Jordens sideriska omloppstid, T_j , är 365,256 dagar – vilket är 20 minuter längre tid än det vanliga kalenderårets 365,2425 dagar. Venus sideriska omloppstid, T_v , är 224,701 dagar. Den synodiska omloppstiden, T_s , beäknar man ur de båda planeternas sideriska omloppstider med följande formel:

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_v} - \frac{1}{T_j}$$

Venus synodiska omloppstid är som sagt 1,6 år, eller närmare bestämt 583,917 dagar.

Venus måste dessutom befinna sig i en av banans bägge noder för att det skall bli en passage. Eftersom Venus bana lutar 3,394 grader mot jordbanans plan, ekliptikan, hamnar Venus oftast en bit ovanför eller nedanför solskivan från jorden sett, när det inträffar en konjunktion, och då blir det ingen passage över solskivan. Men på två ställen korsar Venus bana jordens banplan, det är vid den uppstigande och vid den nedstigande noden. När Venus befinner sig vid någon av dessa noder, och

dessutom är i konjunktion med jorden, så ligger verkligen solen, Venus och jorden i samma plan och på en rät linje. Då tycks Venus passera rakt framför solen!

En åttaårscykel

Exakt åtta år motsvarar nästan exakt fem synodiska omloppstider:

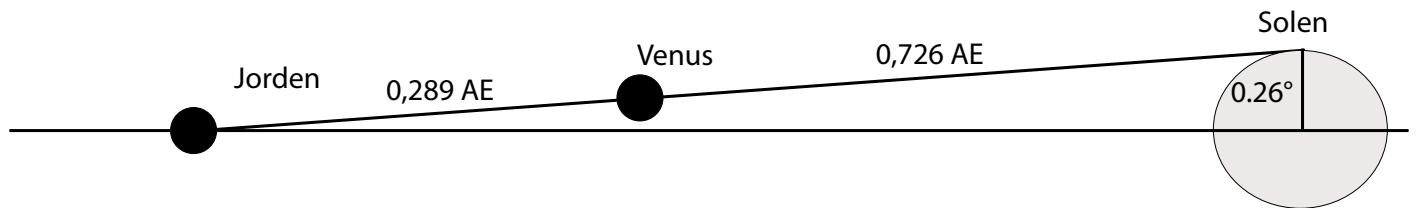
$$8 \times 365,256 \text{ dagar} = 2922,1 \text{ dagar}$$

$$5 \times 583,917 \text{ dagar} = 2919,6 \text{ dagar}$$

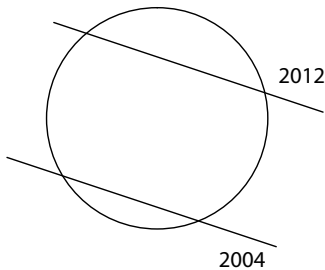
Jorden är naturligtvis tillbaka i samma läge i sin bana efter exakt åtta år, och samtidigt har Venus hunnit med 13 varv runt solen. Konjunktionen sker på samma plats igen. I alla fall nästan, felet är som synes 2,5 dagar (i genomsnitt, eftersom banorna är elliptiska). Antag att den första undre konjunktionen inträffar precis i en nod. Fem undre konjunktioner senare – eller åtta år senare – kommer Venus för tidigt och missar noden med 2,5 grader sett från solen. Om man markerar läget av Venus i sin bana under dessa åtta år och fem konjunktioner, vardera med c:a 1,6 års mellanrum – vilket motsvarar 2,6 Venusvarv – framstår en nästan perfekt femhörning.

Hur mycket får det missa, dvs. hur långt ifrån noden kan Venus befinna sig vid konjunktionen utan att hamna ovanför eller nedanför solskivan? Solskivans diameter är 0,53 grader, sedd från jorden, och det begränsar förstås hur långt i höjddled Venus får avvika från jordbanans plan.

Man kan med hjälp av data i figuren, som illustrerar avstånden mellan jorden,



Avstånden mellan jorden, Venus och solen vid en passage. Venus får maximalt befinna sig 0,1 grader ovanför ekliptikans plan för att passera framför solskivan. Är avvikelser större passerar Venus ovanför solskivan.



Venus gång över solskivan under passagera 2004 och 2012. Norr är uppåt.

Venus och solen vid passagera 2004 och 2012, räkna ut att från solen sett får Venus befinna sig högst 0,10 grader ovanför jordbanans plan (ekliptikans plan) för att passera framför solskivan. Sett från jorden motsvarar det just 0,26 grader, dvs. solens halva diameter. Venus bana lutar 3,39 grader mot ekliptikan, och det tar ungefär 27 timmar för Venus att i höjddled klättra dessa 0,10 grader efter att ha passerat (uppstigande) noden. Samtidigt har Venus då i sidled, i sin bana, avlägsnat sig 1,7 grader från noden.

Litet förenklat uttryckt (vi räknar t.ex. inte med att både jorden och Venus hinner röra sig väsentligt under de många timmar en passage tar) får Venus vid konjunktionen missa noden med högst ±1,7 grader. Förskjutningen efter fem synodiska omlopp var ju 2,5 grader, så med litet tur ryms två konjunktioner, separerade av 2,5 grader, inom det tillåtna intervallet på 3,4 grader, och den första Venuspassagen kan följas av en ny 8 år senare. Förutsättningen är att första passagen framför solskivan inte sker alltför centralt. År 2004 sker nodpassagen 17,5 timmar efter det att Venus avverkat halva passagen över solskivan, och år 2012 sker den 15,5 timmar före i stället, båda gångerna inom den tillåtna marginalen på 27 timmar. Efter ytterligare åtta år, dvs. år 2020, sker konjunktionen alldeles för långt från noden

(49 timmar) för att det skall kunna bli någon passage.

Avståndet mellan Venus-spåret över solskivan är i stort sett detsamma vid alla par av Venuspassager, det är solens läge som skiljer – fast det skiljer förvånansvärt litet från gång till gång!

Venus passerade exakt över solskivans mitt år 3836 f.Kr. och nästa gång händer det år 6872. Passagera årtusendena runt dessa datum är enkla. Nu befinner vi oss ungefär mitt emellan i tid och passagera är för närvarande dubbla, men från år 3818 blir de i regel enkla igen. Nästa enkla passage inträffar redan år 3089, men det är ett enstaka undantag.

Att spåret över solskivan är snett beror på att Venus rör sig i höjddled under t.ex. de 6,5 timmar passagen tar 2004. Under denna tid sjunker Venus 0,025 grader i förhållande sett från jorden, som figuren illustrerar. Vinkeln på spåret är, som synes, betydligt brantare än Venusbanans lutning på 3,39 grader. Det beror på att jorden också rör sig, vilket trycker ihop perspektivet. Venus

har under passagen hunnit röra sig 0,42 grader i sin bana, men tycks från jorden i stället ha rört sig 0,17 grader åt "fel" håll (retrograd rörelse, åt höger i figuren).

En 243-årscykel

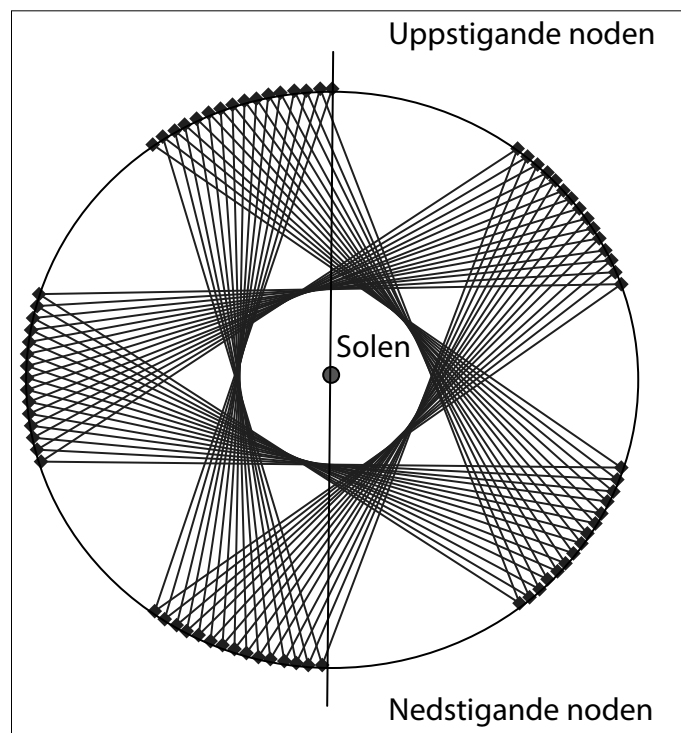
Figuren nedan visar Venus läge i sin bana under en lång serie av undre konjunktioner. Serien börjar högst upp vid uppstigande noden. Det är ett möjligt läge för en Venuspassage. 1,6 år senare sker en ny konjunktion, då vid "klockan 7", långt från någon nod, så det är ett omöjligt läge för en Venuspassage. Ytterligare åtta år och fem konjunktioner senare sker en ny konjunktion ungefär vid "klockan 7" men denna gång förskjuten 2,5 grader närmare den nedstigande noden. För varje åttaårsperiod kommer konjunktionen ytterligare 2,5 grader närmare noden. Efter 15 perioder har konjunktionen kommit ända fram till den nedstigande noden, och båda förutsättningarna för en Venuspassage är uppfyllda igen. Det har då gått 113,5 år efter den första Venuspassagen.

En full cykel, dvs. mellan två konjunktioner vid samma nod, tar 243 år.

$$243 \times 365,256 \text{ dagar} = 88757,3 \text{ dagar}$$

$$152 \times 583,917 \text{ dagar} = 88755,8 \text{ dagar}$$

Det är som synes en mycket god överensstämmelse mellan 243 år och 152 synodiska omlopp, och 243-årscykeln tycks stämma över många årtusenden. Under denna cykel inträffar en (eller ett par) Venuspassager vid den nedstigande noden (t.ex. 2004 och 2012) och 113,5 år efter den första sker det igen, en eller två gånger, vid den uppstigande noden (t.ex. 2117 och 2125). Sedan dröjer det ännu längre tid, 129,5 år innan cykeln börjar om igen – efter sammanlagt 243 år.



Läget för Venus undre konjunktioner under 113,5 år.

Jag har haft stor glädje av formlerna i: Meeus, J. (1991). *Astronomical algorithms*. Richmond, Virginia: Willmann-Bell, Inc.