

Tvillingparadoxen – en kort historik

Sören Holst¹

Scenariot är väl känt.

Castor bestämmer sig för att göra en lång rymdfärd, medan hans tvillingbror Pollux stannar kvar på jorden. Först färdas Castor rakt bort från jorden med konstant fart. Efter några år vänder han rymdskeppet och styr hemåt. Efter ytterligare några års resa med konstant fart är han hemma igen. Hans bror Pollux hemma på jorden har läst relativitetsteori och vet att en klocka i rörelse tickar långsammare än en likadan klocka i vila. Eftersom Castor under sin resa hela tiden har rört sig i förhållande till Pollux – först bortåt och sedan tillbaka – måste det således ha förflutit en kortare tid för honom än för Pollux själv. Pollux förväntar sig alltså att hans bror vid återkomsten ska vara yngre än han själv.

Men även Castor har studerat relativitetsteori. Han vet att han – likaväl som Pollux – kan betrakta sig själv som stillastående, åtminstone så länge han färdas med konstant hastighet, vilket han ju gör under praktiskt taget hela resan. Så enligt Castor är det klockorna hemma på jorden som är i rörelse, först bortåt och sedan mot honom. Castor drar slutsatsen att det är jordens klockor som går långsammare, och anser därmed att det är Pollux som kommer att åldras minst.

När bröderna åter ses förväntar sig således båda att möta en yngre bror – scenariot verkar leda till en paradox.

Låt oss se lite på historiken bakom detta berömda tankeexperiment – hur det uppstod och i vilka syften det har använts.

Redan i artikeln från 1905, där Einstein först lägger fram den speciella relativitetsteorin, noterar han att en klocka som skickas iväg på en tur och retur-resa i rymden kommer att registrera en mindre tidsåtgång för hela resan än klockor som förblivit på jorden. Han gör ingen stor poäng av saken, utan konstaterar bara att detta är en direkt följd av en ny effekt han funnit: tidsdilatationen.

Några år senare, 1911, är han lite mer utförlig. Han påpekar nu att vad som gäller för klockan under rymdfärden måste gälla för alla system, oavsett konstitution:

Were we, for example, to place a living organism in a box and make it perform the same to-and-fro motion as the clock discussed above, it would be possible to have this organism return to its original starting point after an arbitrarily long flight having undergone an arbitrarily small change, while identically constituted organisms that remained at rest at the point of origin have long since given way to new generations.

Einstein konstaterar också att om den resande "organismen" färdas med en fart nära ljusets, så kommer

¹ Texten publicerad under vinjetten Tankeexperiment i Svenska Fysikersamfundets tidskrift Fysikaktuellt (nr 4, 2009)

hela resan, enligt den själv, inte vara längre än ett ögonblick. Tidsdilatationseffekten kan nämligen i princip bli hur stor som helst om farten är tillräckligt nära ljushastigheten.

Den som gav scenariot sin nu välkända form med tvillingarna var den franske fysikern Paul Langevin. I en artikel år 1911 noterar han det paradoxala i situationen: Hur kan en tvilling som utför en rymdresa åldras mindre än sin bror när situationen synes vara symmetrisk? I kraft av relativitetsprincipen borde vi väl lika gärna kunna betrakta scenariot utifrån resenärens perspektiv?

Langevin förklarar att situationens symmetri är skenbar. Den tvilling som reser måste någon gång under färden byta hastighetsriktning för att kunna återvända. Men att förändra sin hastighet innebär ett byte av referenssystem. Den rymdfarande tvillingen måste alltså för att beskriva situationen använda minst två olika sådana system – ett för bortfärden från jorden och ett för återresan. För att beskriva situationen ur den jordbundne tvillingens perspektiv räcker det däremot med ett enda referenssystem. Så situationen är inte alls symmetrisk. Relativitetsprincipen föreskriver visserligen att den som färdas med konstant hastighet lika gärna kan betrakta sig som stillastående, men inte att varje typ av rörelse är likvärdig med varje annan; det är skillnad mellan att *ändra* sin hastighet och att inte göra det.

Varken Einstein eller Langevin betraktar således scenariot som någon egentlig paradox. För dem är det snarare en kuriös tillämpning av teorin. För andra var slutsatsen mer svårsmält. Den franske filosofen Henri Bergson, till exempel, kunde inte acceptera att olika lång tid skulle kunna förflyta beroende på hur man rör sig. Enligt honom var tidsdilatationseffekten snarast att betrakta som ett slags synvilla, orsakad av olika observatörers skiljda perspektiv. Som sådan kunde den omöjligen leda till några mätbara effekter. Så snart tvillingarna återförenades skulle deras perspektiv åter sammanfalla och de måste då vara eniga om vilken tid som förflutit. Bergson godtog inte Langevins resonemang om asymmetrin i situationen, utan menade att tvillingarna måste åldras lika mycket.

Tvillingparadoxen har även använts i direkt kritik av relativitetsteorin. Herbert Dingle, till exempel, argumenterade under 50 och 60-talen tämligen aggressivt mot teorin, bland annat i tidsskriften *Nature*. På tal om den då sedan länge vedertagna uppfattningen om tvillingarna skriver han med illa dolt ursinne:

I know of no other example in the history of science in which such fantastic propositions have been put forward as sober scientific truth.

Dingle vägrar acceptera slutsatsen att tvillingarna efter resan skulle vara olika gamla.

Idag används tvillingparadoxen sällan i försök att kullkasta relativitetsteorin, men missuppfattningar kring den är vanliga. För att ta ett exempel: I "Tom Tits faktamix"² påstås att tiden visserligen går långsammare för den som rör sig, men att denna effekt, i ett tvilling-scenario, skulle kompenseras under resans accelerationsfaser så att tvillingarna trots allt är lika gamla när de återses!

Men den allra vanligaste missuppfattningen – som man även kan hitta i läroböcker – är att paradoxen

2 Sid 63. Skriften är utgiven på Berghs Förlag 1990.

inte skulle kunna lösas fullständigt inom ramen för den speciella relativitetsteorin. Denna teori, påstås det, kan nämligen inte hantera accelererad rörelse. Det är visserligen sant att icke-accelererad rörelse intar en särställning inom teorin (på så vis att det enbart är rörelse med konstant hastighet som är relativ). Men ur detta följer inte att accelererad rörelse inte skulle kunna hanteras. Det kan den. Inom den speciella relativitetsteorin är det möjligt att beräkna hur lång tid som förflyter för varje observatör, oavsett om och hur dennes hastighet varierar. I scenariot med tvillingarna ger en sådan beräkning vid handen att Castor – han som reser – åldras mindre än Pollux.

Men, kan man fråga sig, hur ska man begripa att tvillingarna åldras olika mycket bara för att en av dem genomgår en accelerationsfas – en fas som dessutom i princip kan göras godtyckligt kort? Det ligger nära till hands att tro att det är under denna accelerationsfas allt händer – att det är just under accelerationen som tiden går annorlunda. En sådan tolkning är dock felaktig. Det händer ingenting speciellt med Castors tid just när han accelererar. Så hur ska man då förstå betydelsen av accelerationen?

Följande analogi kan hjälpa. Figuren till höger föreställer två punkter och två olika kurvor som förbinder dem. Den som promenerar från den ena punkten till den andra längs den gröna kurvan går bara rakt fram; den som följer den blå kurvan måste svänga ungefär halvvägs. *Är dessa kurvor lika långa?* – Nej, den blå är längre. *Vad är det som gör den blå kurvan längre?* – Den är inte rak; den innehåller en "böj". *Aha, om det är böjen som gör skillnaden så måste det betyda att den blå kurvan är längre i böjen!* – Nej, kurvan är längre för att den har en böj, men den är inte längre *just* i böjen.

Det förhåller sig på motsvarande sätt med tvillingarna. Tiden som förflyter för Castor under hans resa är mindre än motsvarande tid för Pollux. Detta beror på att han accelererar, men det betyder inte att tiden går annorlunda *just när* han accelererar.

