

Galilei och den relativa rörelsen

Sören Holst

Ett av Galileo Galileis livsverk blev att övertyga samtiden om att det är solen och inte jorden som befinner sig i vårt planetsystems centrum. Ett par tankeexperiment intar en central plats i hans argumentation.

Under första hälften av 1500-talet utvecklade den polske astronomen Copernicus sin modell av det heliocentriska planetsystemet. Den katolska kyrkan låg till en början lågt i frågan, men under 1600-talets första årtionden skärpte man tonen. Då publiceras nämligen ett par skrifter författade av Galileo Galilei. I *Budbäraren från stjärnorna* (1610) presenterar han en mängd observationer han gjort med sin nybyggda stjärnkikare. Här konstaterar han bland annat att månen inte alls är en perfekt sfär, så som Aristoteles hade hävdad, utan att dess yta är skrovlig, försedd med höga berg och vidsträckta dalar. I *Breven om solfläckarna* (1613) ger han ytterligare belägg för himlakropparnas imperfektioner och skriver entusiastiskt om Copernicus idéer.

Det blir för mycket för kyrkan. 1616 utfärdas ett dekret som förbjuder alla texter som pläderar för en jord i rörelse, med motiveringen denna uppfattning strider mot Den heliga skrift. Galilei själv förbjuds att vidare försvara sådana läror. Trots detta får han så småningom kyrkans tillåtelse att skriva en ny bok i ämnet. Förutsättningen är dock att han ger en balanserad bild av de olika åskådningarna, och att det heliocentriska systemet framställs blott som hypotes, inte som sanning.

Galilei låter sin nya bok, *Dialog om de två världssystemen*, ta formen av ett samtal mellan tre lärda. Hans egen ståndpunkt representeras i boken av Salviati, medan den Aristoteliska uppfattningen om en stillastående jord i universums centrum försvaras av Simplicio. En tredje person, Sagredo, har en föregivet neutral inställning. Det är dock bara till formen som bokens framställning är balanserad. Salviati är den som levererar alla kloka argument, medan Simplicio framställs som blint auktoritetstroende och lite dum. Debatterna slutar alltid med att Sagredo låter sig övertygas av Salviatis bländande vishet.

Boken publiceras 1632. Följande år förbjuds den och Galilei döms till livslång husarrest.

Det fanns många argument – inte bara teologiska – för Galilei att bemöta i sin bok. Att jorden kretsar kring solen förutsätter exempelvis oerhörda hastigheter. I sin årliga rotation kring solen måste vår planet fara fram med tiotusentals meter varje sekund, och dess dagliga rotation kring sin axel måste motsvara hundratals meter i sekunden vid ekvatorn. Sådana hastigheter borde rimligen märkas.

Så borde till exempel ett föremål som släpps från ett högt torn aldrig landa vid tornets fot. Om jorden roterade skulle nämligen jordytan hinna förflytta sig flera hundra meter österut under fallet. Föremålet skulle därmed landa hundratals meter väster om tornet. Motsvarande borde gälla föremål som kastas rakt upp: de skulle aldrig komma ner på samma plats igen. Och med samma logik borde föremål som kastas i västlig riktning komma betydligt längre än sådana som med lika stor kraft slungas mot öster. Inget av detta sker och slutsatsen tycks oundviklig: jorden befinner sig i vila.

Galilei låter Simplicio redogöra för dessa argument varpå Salviati efterlyser något slags experiment där man kunde pröva vilken effekt jordens eventuella rörelse faktiskt skulle ha på projektiler. Sagredo föreslår påpassligt ett där man ersätter jordens rörelse med en vagns:

Jag tror att ett utmärkt prov skulle vara att ta en liten öppen vagn och sätta i ett stort armborst, och ställa in det halvhögt, så att skottet gick så långt som möjligt, och skjuta en gång i färdriktningen och en gång åt motsatt håll, medan hästarna sprang, och i båda fallen väl märka var vagnen befinner sig i det ögonblick pilen slår ned i marken. Då kan man se hur mycket längre den ena pilen går än den andra.

Simplicio håller med om att ett sådant prov vore lämpligt, och berättar också vad han anser att utfallet måste bli. Han antar att pilen i sig själv – om den avlossades från stillastående – skulle färdas trehundra alnar och att vagnen under samma tid färdas hundra alnar. I så fall, säger han, skulle den pil som avlossas från vagnen i dess färdriktning slå ner bara tvåhundra alnar framför vagnen, eftersom vagnen hunnit röra sig hundra alnar framåt under pilens färd. Av samma anledning skulle den pil som skjuts iväg i motsatt riktning slå ner hela fyrahundra alnar bort från vagnen.

Salviati har dock ingen tanke på att verkligen utföra testet. I stället börjar han på sokratiskt manér att ställa frågor till Simplicio. De båda skotten skulle alltså, enligt Simplicio, bli olika långa. Men finns då något sätt att få dem lika långa, även då vagnen rör sig snabbt framåt? Ja, svarar Simplicio – utan att ana den analkande fällan – ett sätt vore att förstärka bågen i färdriktningen och försvaga den i motsatt riktning. På så sätt skulle man kunna kompensera skottens olika längd. Men hur mycket skulle man då behöva förstärka respektive försvaga bågen, undrar Salviati med spelad nyfikenhet. Motsvarande hundra alnar, blir svaret. Bågen som skjuter framåt måste skjuta fyra hundra alnar i sig själv; den som skjuter bakåt måste försvagas så att den bara skjuter två hundra alnar. Men vad har då bågens större eller mindre styrka för verkan på pilen? Jo, det är hastigheten det kommer an på: den starkare bågen skjuter iväg pilen med större hastighet, den svagare med mindre.

Salviati har nu nästan fått Simplicio dit han vill. Han sammanfattar argumentet. Vagnen rör sig med en viss hastighet, som vi kan benämna en hastighetsgrad. Pilbågen skjuter iväg pilar med tre hastighetsgrader. Därför måste den båge som skjuter i färdriktningen skjuta ut pilar med fyra hastighetsgrader för att pilen ska landa lika långt från vagnen som om denna hade befunnit sig i vila. Den båge som skjuter bakåt måste å andra sidan skjuta iväg sina pilar med blott två hastighetsgrader.

Så sätter Salviati in den slutliga dolkstöten:

Men säg mig: när vagnen rör sig, rör sig då inte också alla de saker som finns i vagnen? ... Alltså också armborstet, och bågen, och strängen på vilken den är spänd?

Det måste Simplicio förstås hålla med om. Och vagnens fart är ju precis en hastighetsgrad, alltså just den extra fart som krävs för att ge den framåtgående pilen de erfordrade fyra hastighetsgraderna. På samma sätt är det just denna minskning i fart som behövs för att avpassa skottlängden hos den pil som

färdas bakåt.

Det är alltså själva vagnens rörelse som avpassar skottlängden, och inte någon ändring i bågen, och erfarenheten bekräftar detta för den som inte kan eller vill förstå resonemanget.

Salviati uppmanar Sagredo och Simplicio att tillämpa samma resonemang på ett skott som skjuts från en kanon på den framrusande jordytan: skotten måste bli lika långa i alla riktningar oberoende av jordytans rörelse. Skälet är, precis som i fallet med armborstet på vagnen, att kanonen själv har del i jordens rörelse.

Tankeexperimentet visar att rörelsen i förhållande till jordytan hos projektiler inte påverkas av om jorden själv rör sig. Observationer av detta slag kan således inte användas som stöd för att jorden skulle befinna sig i vila. Men nog borde jordens väldiga hastighet i ett heliocentriskt system ta sig andra uttryck? På något sätt skulle det väl ändå märkas om vi susade fram med tiotusentals meter i sekunden?

Galilei behöver uppenbarligen ett mer allmänt argument. Ett som kan övertyga om att det inte finns *något* jordiskt fenomen som kan avslöja jordklotets fantastiska framfart genom rymden. Det är här han lägger fram sitt berömda tankeexperiment med skeppskajutan. Han påpekar att den som befinner sig under däck i ett stort fartyg inte med någon metod, utan att titta ut, kan avgöra huruvida skeppet kastat loss eller fortfarande ligger förtöjt. Därmed gör han fysikhistoriens första entydiga formulering av relativitetsprincipen: Rörelse med konstant hastighet är relativ; det är bara hastigheten i förhållande till andra objekt som spelar roll, inte rörelsen i sig själv.

Vad Galilei inte visste var vilken betydelsefull roll just denna princip skulle komma att spela i fysiken tre århundraden senare.