

Recension. Sören Holst: Rumtid – en introduktion till Einsteins relativitetsteori*

Frank Borg [†]

14 augusti 2006

James R Newman kommenterar en uppsats om relativitetsteorin i hans lysande matematikantologi *Sigma* (Bonniers, 1977: 854) med orden:

Men tillochmed de bästa av dessa framställningar kan inte övertyga en läsare som är ärlig mot sig själv att han verkligen begriper relativitetsteorins grunddrag. Idéerna och paradoxerna är omsorgsfullt framlagda. Utrustningen av mätstavar, ljussignaler och klockor uppvisas och effekten är densamma som av en trolleriuppvisning. Tricken visas för åskådaren, men förklaras inte för honom. Han blir underhållen, kanske imponerad men förvisso inte upplyst.

Idag, mer än 100 år efter den Speciella Relativitetsteorins (SR) uppkomst, kanske dessa ord ännu har sin giltighet. Många fysik-studeranden konfronteras dock inte med SR som ett särskilt kursämne, utan stöter på det som ett delmoment t ex inom mekanik eller elektrodynamik. Härvidlag gäller det ofta att snabbast möjligt lära sig den matematiska formalismen, vilket inte nödvändigtvis garanterar någon djupare förståelse för SR. Sören Holst (Fysikum, Stockholms universitet) har dock valt att erbjuda en grundläggande inledning till SR med klockor och stavar. Han har bl a dragit en sommarkurs i SR¹ som vänt sig till både samhällsvetare och naturvetare och där föreliggande bok legat som grund. De matematiska kravena är alltså modesta och motsvarar gymnasienivå. Främst handlar det om enkel algebra och geometri. Holst nyttjar nämligen flitigt geometriska diagram för att beskriva transformationer mellan referenssystem. Användningen av geometriska rumtids-diagram går tillbaka på H Minkowski och bl a Max Born nyttjade framställningssättet i sin populära *Die Relativitätstheorie Einsteins* (Springer, 1920).

Inledningsvis beskriver Holst den relativistiska versionen av "Phytagoras teorem": $(\text{egentid})^2 = (\text{tiden})^2 - (\text{vägen})^2$, och den därav följande tidsdilatationen som bl a leder till den sk "tvillingsparadoxen" (Holst använder dock inte begreppet 'egentid'). Denna märkliga effekt har kunnat påvisas experimentellt. Ännu mer paradoxalt verkar kanske hur Einstein kunde komma på en sådan idé.

Men hur kunde Einstein redan för ett sekel sedan, långt innan det blev möjligt att genomföra några av dessa experiment, sitta i

*Studentlitteratur 2006, 168 sidor, www.studentlitteratur.se/32472

[†]Jyväskylä Universitet, Chydenius Institutet, POB 567, 67101 Karleby. Email: borg-bros@netti.fi

¹Se <http://www.physto.se/~holst/relativitetsteori/>

sin kammare – eller rättare sagt i ett kontorsrum på patentverket i Bern – och *tänka ut* att det måste ligga till så här? Hur kan man vara säkert på något man aldrig har prövat? Svaret är logisk slutledning. Om man utgående från ett antal faktum, som man är helt förvissad om, med hjälp av logiskt tänkande når fram till aldrig så bisarra resultat, så måset även dessa resultat vara riktiga (så länge man inte är beredd att ge upp ett eller flera av de faktum som man utgick från, förstås). (Holst, 11-12.)

Om vår slutledningsförmåga kan kallas vårt sjätte sinne, fortsätter Holst, så handlar denna bok ”även om detta vårt sjätte sinne – om hur häpnadsväckande kraftfullt det är.” Förvisso utgör den elementära delen av SR tillsammans med termodynamiken en av fysikens mest klara logiska byggnader. Ingenting har på hundra år annat än befast dess validitet trots diverse ansatser till modifikationer (och om man undantar allmänna relativitetsteorin). Harvey Brown har bl a inspirerad av Poincaré gjort slag för dynamisk relativitet² som försöker ge en dynamisk förklaring till de relativitetskinematiska effekterna, men detta verkar som en retrograd ansats i jämförelse med klara logiken hos SR.

Alltså kör Holst igång med klockor, speglar och stavar utgående från principen om likvärdigheten mellan inertiala referenssystem och principen om ljushastighetens konstans samt begreppet samtidighet. Holst går grundligt igenom, med hjälp av diagram, härledningarna av Lorentz-transformationer, relativistisk hastighetsrelation, ”garageproblemet” mm. Det verkar fungera eftersom Holst inte bara har intresse för fysik utan även för det pedagogiska. En koll på nätet visar att 57 av 81 studeranden klarade en tent för hans sommarkurs.

Förutom kinematiken berörs också elektricitetsläran för att föra fram en viktig poäng; nämligen, att relativistiska effekter inte nödvändigtvis behöver förutsätta nära-ljuset hastigheter. Exemplet i fråga var ett av Einsteins viktiga steg mot SR: man undersöker kraften mellan en laddning och en strömförande ledare. Ledaren är elektriskt neutral med negativt laddade elektroner som driver med en genomsnittlig hastighet u i ett gitter av positiva metalljoner. Emellertid sett från en laddad partikel q i rörelse med hastigheten \mathbf{v} parallellt med ledaren kommer det att framstå en skillnad mellan laddningstätheterna som leder till ett elektriskt fält \mathbf{E} som attraherar/repellerar laddningen q beroende på om $q\mathbf{v} \cdot \mathbf{I}$ är positiv eller negativ. En konsekvens är att två parallella ledare med likriktade strömmar attraherar varandra. Detta är en mätbar relativistisk effekt trots att elektronernas genomsnittliga hastighet u för en 1 mm^2 ledare t ex med 10 A ström är bara ca 0.6 mm/s ; dvs, $u/c \approx 2 \times 10^{-12}$. (Enligt definition orsakar 1 Ampère ström i två parallella ledare 1 m från varandra en inbördes kraft av $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ per meter.) Orsaken till att vi får en mätbar kraft är att kraften beror på produkten *hastighet* \times *laddningstäthet* (strömtätheten) som är betydande pga laddningstäthetens stora värde. Exemplet kan också förstås i termer av ett magnetfält \mathbf{B} som genereras av strömmen \mathbf{I} och påverkar laddningen q ($\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$). Holst behandlar exemplet som sagt mha diagram som kanske blir en aning krångligt i jämförelse med en direkt tillämpning av additionsregeln och laddningstransformationen.³ Holst antyder också hur elektromagnetisk strålning kan härledas geometriskt enligt en metod som påträffas kvantitativt utarbetad

²H. R. Brown, *Dynamical relativity* (Oxford U. P., 2005). Se också `physics/0403088`.

³Se t ex M. Longair, *Theoretical concepts in physics* (2. ed., Cambridge U. P., 2002: 424-425).

exv av H. C. Ohanian.⁴

Ett kinkigt kapitel för elementär SR brukar vara dynamiken, den relativistiska generaliseringen av Newtons $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, och att därifrån nå vidare till härledningen av $E = mc^2$. Det kan påpekas att Einstein 1905 inte uppställde en generell dynamik i SR utan endast behandlade ett specialfall med en accelererande elektron i ett elektriskt fält. Det var Max Planck som först formulerade en relativistisk version av $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$. Holst nöjer sig däremot med att via kravet på en relativistisk impulsbevaring leda till införande av 4-impulsvektorn vars tids-komponent sedan förknippas med energi. Beträffande $E = mc^2$ kan nämnas att Einstein aldrig var nöjd med demonstrationen från 1905 och sökte förgäves formulera ett generellt bevis.⁵ Möjligen kan sägas att representationsteorin för grupper (Poincaré-gruppen) ger ett "generellt" argument för $E = mc^2$.

Holst avslutar med en rapsodisk skiss av allmänna relativitetsteorin (ART) utgående från ekvivalensprincipen (EP). Med tämligen enkla överläggningar kan man genom EP och accelererande referenssystem demonstrera varför ljuset böjs av gravitationen och egentiden påverkas. Sammanfattningsvis är Holsts bok en "no nonsense" introduktion till SR som struntar i pråliga intetsägande illustrationer som lockbeten och istället koncentrerar sig på den logiska tankegången och skenbara motargument. För självstudier kanske bokens asketiska prägel är en aning får långt driven. Det finns ingen bibliografi, läsaren får inte ens uppgifterna om Einsteins originalpublikationer, eller tips om vidare läsning. Med tanke på att boken riktar sig till noviser så kan de inte förutsättas veta var de skall gräva efter mer information. Därtill saknas korta uppgifter om experimentella anknytningar som t ex bekräftat tidsdilatationen. Boken har en fin redogörelse om skenbara superluminala hastigheter men inget omnämnade att dylika observeras i form av superluminal jets inom astronomin. Dylika inpass kan ju en kursdragare inflika men för den som läser boken på egen hand uteblir allt detta. Dessa är förhållandevist obetydliga reservationer då bokens främsta syfte är att genom logiska resonemang och enklast möjliga matematik klargöra fundamenten för SR. Boken rekommenderas för alla allmänna bibliotek och att sättas i handen på studerande som har svårt att genomskåda de vanliga formalistiska trollerierna. Lärare kan utan tvekan också hämta inspiration från boken.

⁴H. C. Ohanian, "Electromagnetic radiation fields: A simple approach via field lines," *Am. J. Phys.* 48(2) 1980:170-171.

⁵För diverse historiska etc anmärkningar om SR se www.netti.fi/borgbros/artiklar/relativitet_rap.pdf.