

# Den relativistiske tommestok

Der er ingen tvingende grund til at fremstille relativitetsteoriens rumtid som en metafysisk antagelse, argumenterer Ulrik Uggerhøj i denne replik til artiklen:

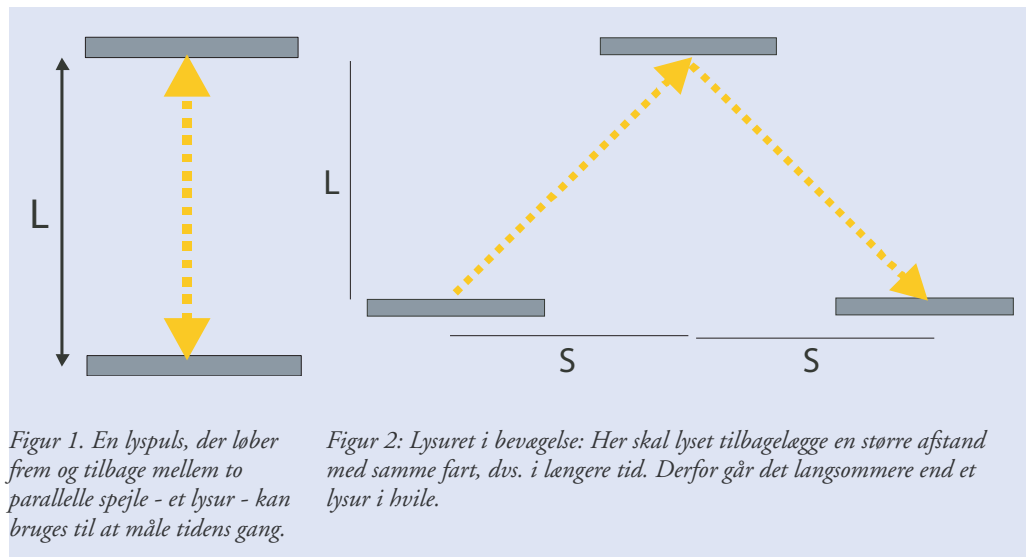
Tidserfaring og tidsbegreb i nummer 1-2004 af Aktuel Naturvidenskab.

Af Ulrik Ingerslev Uggerhøj

■ Hvad er det, der gør tommestokken uundværlig for tømrenen? Det er, at han kan bruge den til at måle op til f.eks. et tagspær. Når han derefter går hen til rundsaven er længden af tommestokken den samme, som da han befandt sig på husets tag. Jeg vil her forsøge at vise at det forholder sig på næsten samme måde med det såkaldte rumtidsinterval i den specielle relativitetsteori.

Dette indlæg er ment som et pragmatisk alternativ til den metafysiske fortolkning af et vigtigt begreb i fysikken, rumtiden, som Jan-Kyrre Berg Olsen (JBO) fremførte i artiklen *Tidserfaring og tidsbegreb* i Aktuel Naturvidenskab nr. 1/2004. I sin artikel omtaler JBO fysikkens firedimensionelle rumtid som værende en metafysisk "antagelse" om "virkelige, men skjulte forhold i verden" – en antagelse, som "går udover alle muligheder for bekræftelse eller afkræftelse ved observation".

Som jeg forstår JBO's synspunkt hentyder han i sin artikel til den såkaldte "bloktid", der er en fortolkning af rumtiden som et kontinuum, hvor der ikke er principiel forskel på fortid, nutid og fremtid. Jeg mener imidlertid, at JBO's fremstilling af "fysikkens tidsbegreb" er for



Figur 1. En lyspuls, der løber frem og tilbage mellem to parallelle spejle - et lysur - kan bruges til at måle tidens gang.

Figur 2. Lysuret i bevægelse: Her skal lyset tilbagelægge en større afstand med samme fart, dvs. i længere tid. Derfor går det langsommere end et lysur i hvile.

unuanceret, idet der faktisk ikke er nogen tvingende grund til at mystificere relativitetsteorien.

Lad mig derfor forsøge ganske kort at skitsere et par af hovedresultaterne fra den specielle relativitetsteori med det formål at vise, at den firedimensionelle rumtid kan benyttes – og bliver benyttet – til at beskrive naturen. Som sådan er rumtiden ikke nødvendigvis mere en antagelse end det sædvanlige tredimensionelle rum.

## Lysuret

Den specielle relativitetsteori er baseret på to ting alene: Rummet er ens i alle retninger og lysets hastighed er den samme

for alle. Her skal vi kun benytte den sidste – yderst velafprøvede – kendsgerning, at lysets hastighed er uafhængig af kildens og/eller observatørens hastighed.

Det følgende tankeeksperiment er en variation over et tema, som vistnok skyldes den legendariske amerikanske fysiker Richard Feynman.

Ethvert ur er baseret på en eller anden form for periodisk bevægelse, dvs. en bevægelse, der gentages igen og igen. Lad os nu konstruere et yderst simpelt ur – kald det et lysur – bestående af to parallelle spejle og en lyspuls, der bevæger sig frem og tilbage mellem spejlene (se figur 1). Tiden kan så måles

ved simpelthen at tælle, hvor mange gange lyspulsens har ramt det nederste spejl.

F.eks. kan vi vælge afstanden  $L$  mellem spejlene til at passe med, at det tager lyset et sekund at løbe frem og tilbage. Nu sætter vi så lysuret i hurtig bevægelse på tværs af lyspulsens bevægelsesretning. Hvordan ser bevægelsen af lyset og spejlene så ud? Nu bevæger lyset sig skråt – set for den stillestående – idet lysets og lysurets hastigheder skal lægges sammen (hvis ikke lyset bevægede sig skråt, kunne det ikke reflekteres fra det øverste spejl, der jo har flyttet sig i den tid, det tog lyset at bevæge sig derop. Tilsvarende når lyset

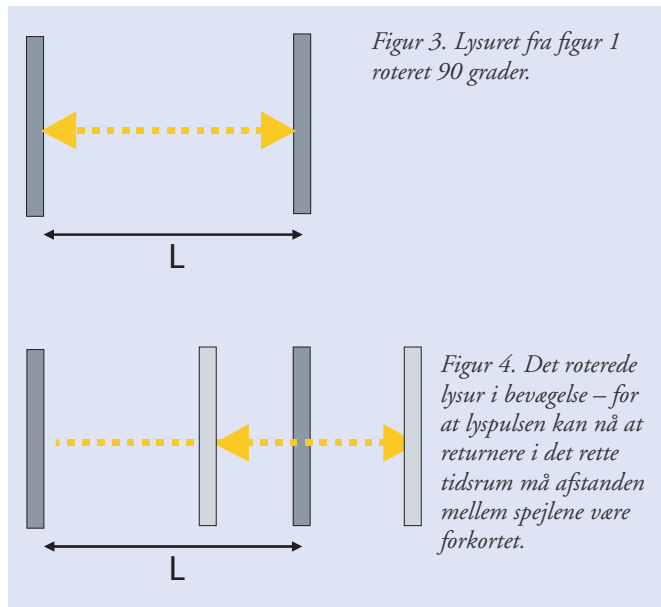
løber nedad, se figur 2.)

Men hov! Nu skal lyset jo løbe noget længere for at vende tilbage, hvilket følger af Pythagoras' sætning  $x^2=L^2+s^2$ . Lyset løber altså længere, men ifølge den ovenfor beskrevne kendsgerning med samme hastighed. Lyspulsens på et lysur i bevægelse tager derfor længere tid om at vende tilbage til udgangspunktet end lyspulsens på et stillestående lysur. Konklusion: Et ur i bevægelse går langsommere end et ur i hvile. Denne konklusion er velafprøvet med mange eksperimenter, f.eks. med radioaktive partikler eller med præcise ure sendt Jorden rundt med fly.

### Ikke brug for metafysik

Lad os nu dreje lysuret 90 grader og sætte det i bevægelse i samme retning som før (se figur 3). Ifølge konklusionen ovenfor går uret nu langsommere set for en person i hvile, men lyshastigheden er den samme. Lyset på uret i bevægelse har altså et længere tidsrum – målt f.eks. med et stillestående lysur – til at nå frem og tilbage, og skal gøre det med samme hastighed. Men igen flytter spejlene sig set i forhold til den stillestående person (figur 4). Regner man på flytningen i det tidsrum, det tager lyspulsens at vende tilbage til spejlet, finder man, at det kan kun lade sig gøre, hvis afstanden mellem spejlene bliver mindre. Konklusion: Et objekt i bevægelse bliver forkortet i bevægelsesretningen i forhold til, hvis det var i hvile! Dette resultat er også afprøvet i stor detalje.

Aha. Rummet bliver altså forkortet og tiden går langsommere for objekter i bevægelse. Det er lidt upraktisk for fysik-tømrersvenden, at måleenheden (uret eller tommestokken) med én fart ikke er lige så lang, som med en anden fart. Der er dog en redning: Man kan kombinere tid og rum inspireret af Pythagoras – dvs. sætte hver af dem "i anden". Derved får man et resultat, der ikke afhænger af, hvem der beskriver det! Dette såkaldte rumtidsinterval  $s^2=x^2+y^2+z^2-c^2t^2$  (hvor



Figur 3. Lysuret fra figur 1 roterer 90 grader.

Figur 4. Det roterede lysur i bevægelse – for at lyspulsens kan nå at returnere i det rette tidsrum må afstanden mellem spejlene være forkortet.

$ct$  er den afstand lyset tilbage-lægger i tiden  $t$ ) er det samme for alle, ligesom vi er vant til at kantlængden  $s_0^2=x^2+y^2$  er den samme ved rundsaven som på taget – både for dig og for mig.

Endnu en konklusion fra den specielle relativitetsteori er at "objektiv samtidighed" er meningsløs, dvs. at begivenheder, der måles at være samtidige for én person, ikke nødvendigvis er det for en anden. Dette bliver ofte fremført som et argument for at indføre begrebet bloktid. Hvis vi vil være sikre på, at alle forstår, hvad vi siger, er det ikke nok at tale om "her" eller "der", men derimod om dér til dét tidspunkt – dvs. begivenheder i stedet for koordinater.

Ved at danne rumtidsintervallet  $s^2$  har man altså fået en "relativistisk tommestok". Når JBO anfører, at Minkowski, Einstein og andre mente, at "kun en form for union mellem de to [rum og tid] kan oprettholde en uafhængig virkelighed" er det muligvis bloktid, der er tale om – altså en fortolkning af baggrunden for  $s^2$ : den relativistiske tommestok. JBO nævner yderligere, at den såkaldte Lorentz-transformation kan anvendes til »at overskride det, vi oplever« hvilket tydeligt er metafysisk. Men Lorentz-transformationen er simpelthen fysikerens værktøj til at finde ud af, hvordan tingene ser ud for

en person, der er i bevægelse i forhold til en selv. Det er principielt ikke anderledes end at betragte tømrerens tag fra syd frem for nord – altså er der ikke tvingende brug for metafysik eller mysticisme.

### Tiden

#### – et rummeligt begreb

Der er dog fænomener, der ved første øjekast virker mystiske i den specielle relativitetsteori – lad mig afslutningsvis give et eksempel: En *tænkt* observatør vil kunne måle sig frem til, at du er født på Månen! Det virker mystisk, ja, men det er ikke i sig selv, som JBO skriver, et resultat af et »virkelighedsbegreb, som går udover alle muligheder for bekræftelse eller afkræftelse ved observation«. Det kunne man måske snarere sige om den filosofiske tolkning af rumtiden. Tværtimod, i fysikken bliver den specielle relativitetsteori – der rent matematisk faktisk slet ikke er så kompliceret – konstant udsat for sofistikerede tests, indtil videre uden uoverensstemmelser mellem teori og eksperiment. Den tænkte observatør vil altså tolke de lysimpulser, han modtager, anderledes end vi, men han vil ikke være uenig i rumtidsintervallet  $s^2$  mellem din fødsel og Armstrongs månelanding målt med "den relativistiske tommestok". ■



Om forfatteren  
Ulrik Uggerhøj er Skou-stipendiat ved Institut for Fysik og Astronomi  
Tlf.: 8942 3738  
E-post: ulrik@phys.au.dk

Supplerende læsning:  
Paul Davies – *That Mysterious Flow*, *Scientific American*, Sept. 2002

Richard Feynman – *Six not-so-easy pieces*, Penguin Press