

Hurtigere end lyset?

Helge Kragh, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Som først vist af en ukendt ukrainsk fysiker i 1923, er overlyshastighed ikke uforenelig med relativitetsteorien. Hvem var denne fysiker og hvorfor blev han udrenset af historien for først langt senere at dukke op til overfladen?

Lysets hastighed i vakuum c hører til den eksklusive kreds af fysikkens fundamentale naturkonstanter. Traditionelt var der tale om en målelig størrelse, men siden 1983 har den været konventionel, nemlig *defineret* som præcist $c = 299\,792\,458$ km/s. Ikke blot er lysets hastighed uafhængig af lysgiverens bevægelsestilstand, den udtrykker også den maksimale hastighed for ethvert legeme eller fysisk signal af nogen art. Før relativitetsteorien kunne man forestille sig, at fx tyngdekraften udbredte sig langt hurtigere end lyset, sådan som Pierre-Simon Laplace hævdede i slutningen af 1700-tallet. Hundrede år senere arbejdede Arnold Sommerfeld i Tyskland seriøst med modeller af elektronen der tillod "superluminale" hastigheder – på tysk *Überlichtgeschwindigkeit*. Men med accepten af Einsteins specielle relativitetsteori omkring 1910 blev den slags objekter henvist til fantasiens verden.

Først i 1960'erne viste en gruppe af fysikere, at relativitetsteorien faktisk ikke udelukker partikler med overlyshastighed (tachyoner) som teoretiske og muligvis endda virkelige objekter. Omtrent samme erkendelse var dog blevet gjort langt tidligere, nemlig af den russisk-ukrainske fysiker Lev Strum (eller Shtrum) i en artikel fra 1923. Strum har en ejendommelig position i fysikhistorien, idet han og hans arbejder indtil for nylig ikke blot er blevet overset men helt og aldeles glemt. Jeg var måske den første til at henvise til ham i vestlig videnskabshistorie, og det var først i en bog fra 2011 [1, s. 298].

Når Strum blev udrenset af historien skyldtes det de særlige politiske omstændigheder, han som borger i Sovjetunionen levede i. Han blev nemlig henrettet under Stalintidens terrorregime og dermed erklæret ikke-eksisterende. Når han i dag trods alt er genopstået fra de dødes rige, skyldes det hovedsageligt, at han inkognito optræder i en berømt roman skrevet af en russisk forfatter. På denne måde er en episode i relativitetsteoriens historie vævet sammen med både den moderne litteraturhistorie og fortidens politiske historie.

Einsteins umulighed

I sin skelsættende artikel i *Annalen der Physik* fra 1905 viste Einstein, at massen af et legeme vokser med dets hastighed som

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1)$$

hvor m_0 er hvilemassen. For $v > c$ bliver massen formelt imaginær ($m^2 < 0$) og dermed ufysisk. Det var et

stærkt argument imod overlyshastighed men begrænset til massive legemer. Et andet og noget stærkere argument var den lov om sammensætning af hastigheder, Einstein også udledte i 1905. For to hastigheder v_1 og v_2 bliver summen ikke den newtonske $w = v_1 + v_2$, men

$$w = \frac{v_1 + v_2}{1 + v_1 v_2 / c^2} \quad (2)$$

Selv for en foton udsendt fra en foton ($v_1 = v_2 = c$) bliver resultatet $w = c$ og ikke $w > c$. Einstein dømte altså den "meningsløse" overlyshastighed ude og to år senere supplerede han med et tankeeksperiment. Som han viste, så vil et signal sendt med overlyshastighed muligvis gøre, at virkningen af en årsag kommer før årsagen selv! Altså et brud på den fundamentale årsagssætning eller, anderledes udtrykt, en omvendning af tidens retning. Dette var nok logisk muligt, mente Einstein, "men det er i så fuldstændig modstrid med al erfaring, at det er et tilstrækkeligt bevis for umuligheden af denne antagelse [om overlyshastighed]" [2].

I den senere litteratur bliver Einsteins tankeeksperiment fra 1907 ofte omtalt som "Tolmans paradoks", der henviser til den amerikanske fysiker og kemiker Richard Tolman som i 1917 gav en mere udførlig fremstilling af det sære forhold mellem overlyshastighed, årsagssætning og tidens retning. Nogle få år senere blev forholdet så illustreret poetisk af den canadiske botaniker Arthur Buller i en velkendt limerick. Som verset lyder i den original version fra 1923:

There was a young lady named Bright
Whose speed was far faster than light.
She set out one day
In a relative way
And returned home the previous night.

Fysikerne blev hurtigt enige om, at signaler med overlyshastighed ikke hører til virkelighedens verden og derfor kunne ignoreres. Som det fremgår af næsten alle senere lærebøger om relativitetsteori blev det opfattet som et ubetvivleligt faktum. Som et eksempel blandt mange kan nævnes Christian Møllers autoritative lærebog fra 1952, hvori der konkluderes: "Det er indlysende, at der i naturen ikke findes signaler som bevæger sig med en hastighed større end lysets" [3, s. 53]. Møller fremhævede Tolmans paradoks som det endegyldige bevis.

Teorien om tachyoner

Først i midten af 1960'erne blev der sat alvorligt spørgsmålstegn ved den dogmatiske udelukkelse af partikler eller signaler med større hastighed end lyset. Sådanne hypotetiske partikler blev oprindeligt kaldt "metapartikler", men blev snart kendte som *tachyoner*, et navn foreslået i 1967 af den amerikanske fysiker Gerald Feinberg. Navnet er afledt af det græske $\tauαχύς$ (takhys) for hurtig. Først fra samme tid blev det latinsk inspirerede adjektiv *superluminal* en del af det engelske sprog.

Som Feinberg og andre fysikere viste, var tachyoner mulige objekter såfremt de altid bevæger sig superluminalt, altså med $v > c$. Lige så lidt som en almindelig partikel kan accelereres gennem lysmuren $v = c$, kan en tachyon decelereres gennem denne mur eller grænse. Det afgørende er, at hypotesen om tachyoner er konsistent med den specielle relativitetsteori, modsat af hvad Einstein og hans samtidige mente. Det stod dog hurtigt klart, at hvis tachyoner er andet end hjernespind, må de have højst ejendommelige egenskaber. Mens en almindelig partikel bevæger sig langsommere, når dens energi formindskes, er det lige omvendt med tachyoner: De bevæger sig hurtigere, des mindre energien er. Som det kræver uendelig megen energi til at accelerere en partikel til $v = c$, således kræver det uendelig energi for at nedbringe en tachyons hastighed til samme værdi.

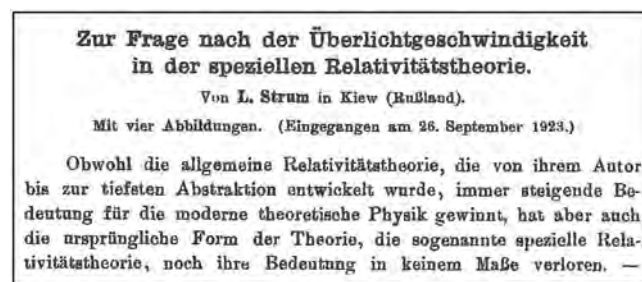
Hvad mere er, tachyoners masse er imaginær og derfor ikke direkte målelig, hvilket dog ikke udelukker, at de indirekte kan påvises via den såkaldte Cherenkovstråling. Desuden er der problemet med Tolmans paradoks, hvor en tachyon med negativ energi rejser tilbage i tiden og hvor et tachyonisk signal modtages, før det bliver afsendt. Dette problem mente man at kunne afmontere ved at fortolke hændelsen i forlænstid som absorption af en tachyon med positiv energi. Ved at bytte om på begreberne emission og absorption ombyttes den kausale orden. Fysikere og filosoffer taler om et "reinterpreationsprincip".

I den 20-årig periode fra 1962 til 1981 tiltrak tachyoner sig stor interesse med adskillige forsøg på at detektere de mærkelige partikler. Der blev skrevet omkring 600 videnskabelige artikler inden for området. Men alle forsøg på at påvise tachyoner mislykkedes og da det tilmed viste sig umuligt at beskrive dem inden for kvantemekanikkens rammer, kølnedes interessen. Man kan stadig finde artikler om tachyoner, men i dag bliver partikler med overlyshastighed ikke længere taget alvorligt. Så Einstein havde alligevel ret, i det mindste i en vis forstand.

Et glemt bidrag fra 1923

Ingen af de fysikere, der i 1960'erne og 1970'erne beskæftigede sig med tachyoner, var opmærksomme på en artikel fra 1923 i det anerkendte tidsskrift *Zeitschrift für Physik*, der på væsentlige områder foregreb den senere tachyonfysik [4] (figur 1). Den obskure forfatter var en vis L. Strum fra Kyiv (Kiev) i Ukraine, der dengang var en del af Sovjetunionen. Hans fulde navn var Lev Yakovlevich Strum og han var dengang en 33-årig fysiker ved det polytekniske institut i Ukraines

hovedstad.



Figur 1. Indledningen til Strums 1923-artikel om overlyshastighed.

Efter en kritisk analyse af de velkendte argumenter imod overlyshastighed sluttede Strum, at signaler med $v > c$ hverken stred imod den specielle relativitetsteori eller årsagsloven. Det var muligt, viste han, at fortolke negativ tid og energi som positive størrelser inden for relativitetsteoriens rammer. Strum illustrerede sine pointer ud fra et Minkowski-rum-tids-diagram, hvor han placerede de superluminala signaler uden for lyskeglen givet ved $v = c$. Dette område "svarer til hastigheder større end lysets og for sådanne hastigheder kan tidens retning under visse omstændigheder være modsat den normale tidsretning." Uden at gå nærmere ind på Strums analyse, så indeholdt den mange af de indsigter, som Feinberg og andre fysikere nåede frem til mere end 40 år senere.

Alligevel er det en overdrivelse, når det hævdes, at han indførte begrebet om tachyoner *avant le mot* [5]. Strum begrænsede nemlig sin analyse til superluminala signaler, mens han ikke tog muligheden af massive hypotetiske partikler med overlyshastighed i betragtning. Hans ærinde med artiklen var alene at korrigere en misforståelse omkring den specielle relativitetsteoris forhold til signaler med overlyshastighed. Hvorvidt sådanne signaler hørte til den fysiske virkelighed, tog han ikke stilling til. Som han anførte i en fodnote, så handlede hans analyse "ikke om den virkelige eksistens af sådanne hastigheder [med $v > c$] men kun om, at de er teoretisk mulige."

Man kunne tro, at Strums korrektion af Einsteins forståelse af den specielle relativitetsteori vakte opmærksomhed i datiden, men det var på ingen måde tilfældet. Hvis antallet af citationer er et mål for synlighed (og det er det vel), så var hans artikel fra 1923 nærmest usynlig. Jeg har kun fundet en enkelt reference til artiklen og den stammer fra Strum selv. Det er ikke helt klart, hvorfor hans bidrag blev ignoreret, men en væsentlig årsag er nok, at i 1920'erne var al interesse om relativitetsteorien fokuseret på Einsteins generelle gravitationsteori. Den specielle teori var forlængst accepteret og ikke længere et anerkendt forskningsområde.

I øvrigt var Strum ikke den eneste, der rejste tvivl om den einsteinske umulighed. Det samme gjorde en østrigsk fysiker ved navn Robert Bass, der i 1926 i al væsentlighed gentog Strums argument for overlyshastighed inden for relativitetsteoriens rammer. Bass var lige så klar i spyttet som hans ukrainske kollega: "Der er ingen fysiske grunde til at antage, at lysets hastighed

er en øvre grænse for udbredelsen af signaler ... Indtil videre kan muligheden af superluminale signaler ikke klart tilbagevises" [6].

Lev Strum, et offer for Stalins terror

Strum, der i 1932 avancerede til et professorat i teoretisk fysik ved universitetet i Kyiv, var en respekteret om end noget perifer skikkelse i det russiske fysikermiljø (figur 2). I 1929 deltog han i en vigtig konference i Kharkiv sammen med bedre kendte fysikere som George Gamow, Lev Landau og Yakov Frenkel. Fra Tyskland deltog kvantefysikerne Pascual Jordan og Walter Heitler. Fem år senere mødte han Niels Bohr, der var inviteret til en konference også i Kharkiv og hvor Strum talte om atomkernens opbygning. Efter alt at dømmes fik han aldrig tilladelse til at rejse uden for Sovjetunionens grænser, men han publicerede flere af sine afhandlinger i vestlige tidsskrifter som det tyske *Zeitschrift für Physik* og det engelske *Nature*. Disse forskningsbidrag dækkede kvanteteori, statistisk mekanik, relativitetsteori og kernefysik. Selv om de ikke var specielt vigtige, vidner de om en kompetent fysiker af internationalt format.



Figur 2. Lev Ya. Strum, 1890-1936.

I 1936 iværksatte Stalin den systematiske og grusomme udrensning, der er gået over i historien som den "store terror". Millioner af sovjetborgere blev arresteret og titusinder af dem vilkårligt henrettet som fjender af den kommunistiske stat. En stor del af dem var russiske jøder. Blandt ofrene var Strum, der i marts 1936 blev arresteret af det hemmelige politi NKVD og efter tortur indrømmede sig skyldig i alle anklager. Et halvt år senere blev han henrettet ved skydning sammen med 36 andre ukrainske forskere og intellektuelle. Mange andre sovjetiske fysikere led samme skæbne, i flæng kan nævnes fx Matvei Bronstein, Boris Hessen, Lev Shubnikov og Lev Rosenkevich. Andre igen, som Landau, blev fængslet men slap med livet i behold.

Ikke blot blev Lev Strum frataget livet, han blev også frataget sin eksistens som person – som om han aldrig

havde levet. De sovjetiske myndigheder fjernede systematisk ethvert minde om ham, herunder de videnskabelige arbejder han havde forfattet. Strum blev effektivt gjort til en "ikke-person" uden navn, historie og familie og denne status varede mere end 70 år. Ganske vist fik han officielt oprejsning under Khrusjtjov-perioden efter Stalins død, hvor de sovjetiske myndigheder beklagede henrettelsen, men i realiteten fortsatte Strum med at være en "ikke-person" også efter Sovjetimperiets sammenbrud og Ukraines selvstændighed i 1991.



Figur 2. Mindeplade for L. Strum, Malopidvalnaya 12, Kyiv.

Litterær genopstandelse

Da Lev Strum endelig blev kaldt til live igen, var det ejendommeligt nok som en ikke umiddelbart genkendelig romanfigur. Den russisk-ukrainske forfatter Vasily Grossman (1905-1964) er i dag højt estimeret i litterære kredse, hvor han nævnes som en ny Leo Tolstoy. Hans berømmelse hviler især på murstensromanen *Life and Fate* (dansk udgave som *Liv og Skæbne* fra 2015), der efter mange problemer med den sovjetiske censur udkom på engelsk i 1985. Bogens hovedperson er en højt begavet fysiker ved navn Viktor Pavlovich Strum, hvis liv og virke beskrives i fascinerende detaljer. Navneligheden med den glemte Lev Strum er ikke tilfældig, for Grossman kendte sidstnævnte og modellerede sin litterære figur efter ham. En væsentlig del af *Life and Fate* handler faktisk om fysik og anden videnskab, noget af det fiktivt og andet autentisk. Blandt de fysikere, der optræder i romanen er Planck, Rutherford, Bohr, Heisenberg og Einstein – sidstnævnte hele 22 gange.

De anmeldere og litteraturkritikere, der skrev om Grossmans bog, beskæftigede sig i lang tid med Viktor Strum uden at have nogen anelse om den virkelige fysiker Lev Strum og hans grumme skæbne. Først omkring 2010 blev forbindelsen dokumenteret og først da blev Lev Strum, den jødiske fysiker fra Kiev, så småt genskabt som menneske og forsker [7]. I februar 2018 blev der opsat en mindeplade for ham på det hus i Kyiv, hvor han levede med sin familie (figur 3). Alligevel er Lev Strum stadig i dag mere synlig i litteraturhistorien – via forbindelsen til Viktor Strum – end i videnskabshistorien. Og hvis han overhovedet fremhæves, er det som en ukrainsk-jødisk fysiker, ikke som en russisk fysiker.

Litteratur

- [1] H. Kragh (2011) "Higher Speculations", Oxford University Press.
- [2] A. Einstein (1907) "Die vom Relativitätsprinzip geforderte Trägheit der Energie", *Annalen der Physik*, bind 17, side 371–384.
- [3] C. Møller (1952) "The Theory of Relativity", Clarendon Press.
- [4] L. Strum (1923) "Zur Frage nach der Überlichtgeschwindigkeit in der speziellen Relativitätstheorie", *Zeitschrift für Physik*, bind 20, side 36–44.
- [5] G. Malykin og E. Romanets (2012) "Superluminal motions", *Opticks and Spectroscopy*, bind 112, side 920–934.
- [6] R. Bass (1926) "Über das spezielle Relativitätsprinzip und die Grenzgesehwwindigkeit", *Physikalische Zeitschrift*, bind 27, side 74–79.
- [7] G. Malykin, V. Savchuk og E. Romanets (2012) "Lev Yakovlevich Strum and the hypothesis of the existence of tachyons", *Physics—Uspekhi*, bind 55, side 1134–1139.



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Cecilie Pedersen

Det har været et travlt senforår i SNU, hvor udstillingen "Fra forsker til folk" lukkede ned i Viborg den 10. april. En del flyttede videre til Alsion i Sønderborg, hvor den er fra 14. april til 14. juni. Resten af udstillingen blev sendt til opmagasinering på Energimuseet i Bjerringbro, som den 28. juni åbner for næste version af "Fra forsker til folk".

Den 28. april var der generalforsamling. SNU's præsident Anja C. Andersen kunne her berette om stadig stigende medlemstal, og at de mange vellykkede initiativer i jubilæumsåret 2024 havde givet et væsentligt mindre underskud end forventet. Til gengæld var en del af de forventede udgifter rykket til 2025. I 2026 forventes regnskabet igen at være i balance. Disse "skvulp" i økonomien hænger sammen med, at der i årene forud for jubilæet indgik en del fondsmidler til senere brug, der gav overskud i de pågældende år. Til gengæld er der også nogle fonde, der først betaler når aktiviteterne er endeligt afsluttet, og hvor SNU har lagt ud – og da blandt andet udstillingen "Fra forsker til folk" først slutter i 2026, vil de sidste beløb først komme til udbetaling der.

SNU tog på generalforsamlingen afsked med både Dorte Olesen og Jens Olaf Pepke Pedersen i SNU's direktion, og bød velkommen til Sophie Beeren og Kirsten Marie Ørnshjerg Jensen.

Medaljeuddelinger i maj – og flere børn og unge til SNU's arrangementer

Helt usædvanligt uddelte SNU i maj måned hele tre H.C. Ørstedmedaljer – fordelt på et særarrangement den 9. maj og sæsonafslutningen den 19. maj.

Den 9. maj fik den første dansker i rummet, ESA-astronaut Andreas Mogensen, overrakt en sølvmedalje og SNU's mangeårige præsident Dorte Olesen fik over-

rakt en bronzemedalje ved et særligt arrangement i Lundbeckfond Auditoriet på Københavns Universitet.



Figur 1. Fra venstre ses Rasmus Larsen, Dorte Olesen, Andreas Mogensen, Simon Barchard og Anja C. Andersen. Foto: Rochelle Coote Photography.

Andreas Mogensen fik medaljen for sin fremragende naturvidenskabsformidling til alle aldersklasser. Han kvitterede med et foredrag om sin forskning under opholdet på den internationale rumstation ISS, som begejstrede de mange tilhørere, der denne dag også omfattede ganske mange store børn og unge – flere medlemmer havde taget elever eller familien med.

Oprindeligt skulle Andreas Mogensen have haft medaljen overrakt i november 2024, men grundet sygdom måtte overrækkelsen udskydes – nu kom der så et særarrangement, der også blev benyttet til at overrække en bronzemedalje til SNU's mangeårige præsident, dr.scient. Dorte Olesen, som i april trådte ud af SNU's direktion efter at have været medlem af denne i 39 år. Dorte Olesen fik medaljen for sit utrættelige virke