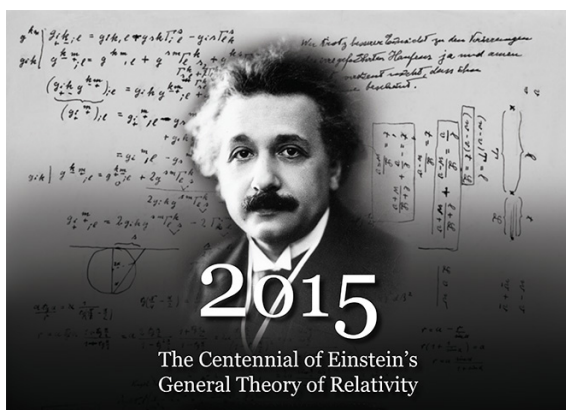


Almen relativitetsteori fylder 100 år

Af Michael Cramer Andersen, KVANT

Med dette nummer markerer KVANT 100-året for Einsteins almene relativitetsteori. Vi bringer bl.a. artikler om tidens relative gang, kosmiske forstørrelsesglas, teoriens udvikling i perioden 1920-1970 og en artikel om tyngdekraft og kvanteteori.

I år er det 100 år siden, at Einstein fuldendte sin jagt på en relativistisk teori, der omfattede tyngdekraften. Med dette temanummer markerer vi dette og afrunder samtidig "Lysets År" 2015.



Figur 1. Forsiden af en kalender udgivet af American Institute of Physics [1].

Allerede for et år siden beskrev *Helge Kragh*, der er professor i videnskabshistorie, Einsteins arbejde med at formulere den almene relativitetsteori [2].

De grundlæggende ligninger i teorien er *Einsteins feltligninger*. De er skrevet i en kompakt tensor-notation i figur 2. Indholdet er også beskrevet enkelt og smukt i én sætning af fysikeren John Archibald Wheeler: "Rum-tiden fortæller stof, hvordan det skal bevæge sig; stof fortæller rum-tiden, hvordan den skal krumme" [3].



Figur 2. Einsteins feltligninger skrevet som graffiti på et gammelt tog i Bolivia. Det er nok tvivlsomt, om det er Albert Einstein selv, der er ophavsmand til kunstværket.

Et væsentligt element i den specielle relativitetsteori fra 1905 er, at tidens gang ændres ved bevægelse. I den almene eller generelle relativitetsteori fra 1915 ses det, at tiden også påvirkes af tyngdekraften. I GPS-satellitterne korrigeres der for begge disse effekter og

det faktum, at GPS-navigation virker, demonstrerer teoriens anvendelighed. Læs om "Tidens relative gang" i artiklen af *Ulrik Uggerhøj* fra Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Artiklen stammer fra bogen "25 Søforklaringer" udgivet af Aarhus Universitetsforlag 2014.

I dag anvendes den almene relativitetsteori som en integreret del af astrofysik og kosmologi. Neutronstjerner og sorte huller og deres omgivelser beskrives fx med nogle løsninger til Einsteins feltligninger, og Universets udvidelse beskrives med andre løsninger.

Teorien forudsiger bl.a., at lys afbøjes omkring massive himmellegemer, og det var ved observation af denne effekt under en total solformørkelse i 1919, at teorien blev anerkendt og Einstein blev verdensberømt.

Lysafbøjning ses også i gravitationelle linser, hvor det er galakser, der fungerer som linser. Læs mere om disse "Kosmiske forstørrelsesglas" i artiklen af *Claudio Grillo, Lise Christensen og Jens Hjorth* fra Dark Cosmology Centre ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

Helge Kragh fra Niels Bohr Institutet beskriver i artiklen "Generel relativitet: Træk af udviklingen 1920-1979", hvordan Einsteins teori nærmest sygnede hen i midten af det 20. århundrede, men senere fik en renaissance.

Emil Bjerrum-Bohr beskriver hvordan tyngdekraft og kvanteteori godt kan kombineres, hvis almen relativitetsteori formuleres som en feltteori. Med denne formalisme har han beregnet lysafbøjning omkring Solen inklusiv de meget små kvanteeffekter.

Temaet afrundes med omtalen af en bog, der fejrer 100-året for Einsteins teori, med bl.a. en smuk gengivelse af Einsteins manuskript samt fyldige forklaringer.

Herudover kan man læse artiklen "Swarmmissionen og Jordens magnetfelt", skrevet af *Eigil Friis-Christensen*, forhenværende direktør for DTU Space, og *Nils Olsen*, DTU Space. Målingerne fra de tre Swarm-satellitter har mange anvendelser, bl.a. kortlægning af Jordens skorpe, test af modeller for Jordens dynamo og forudsigelse af rumvejret.

Litteratur

- [1] American Institute of Physics, 2015: The Centennial of Einstein's General Theory of Relativity; <https://www.aip.org/history-programs/einstein-centennial-2015>.
- [2] Helge Kragh (2014), Einsteins odysseé: Fra speciel til almen relativitetsteori, KVANT 25, nr. 4.
- [3] Jens Ramskov (2015), Den generelle relativitetsteori fylder 100 år, Ingeniøren 27. november 2015; <http://ing.dk/180336>.