# Relativitetsteori 1, samtidighed og hastighedsaddition

**Paradigmeskift**

*Relativitetsteorien kan ses som et eksempel på et paradigmeskift, hvor et paradigme er et sæt af ideer, vi bruger til at forså omverdenen med. I relativitetsteorien får begreberne tid og længde en anden betydning end i den klassiske fysik, men de relativistiske formler overgår til de klassiske for små hastigheder. Den klassiske fysik kan derfor også betragtes som et special-tilfælde af den relativistiske fysik, der gælder for små hastigheder, men energi- masse relationen* $E=m∙c^{2}$*, der viser at en varm kop kaffe vejer mere end en kold, findes ikke i den klassiske fysik.*

I opslaget gennemgås

1. Alt er relativt undtaget lysets fart
2. Hvorfor er samtidighed relativ?
3. Relativ samtidighed fører til relativ længde
4. Hastighedsaddition

Space and time are relative

*“The more time I spend with my relatives, the more space I need”*

## 3. Alt er relativt, undtaget lysets fart.

**De to relativitetsteorier**

Teorierne kaldes for den specielle og den almene relativitetsteori.

* Den specielle fra 1905 der viser, at et ur i bevægelse går langsommere end et ur i hvile.
* Den almene fra 1915 der viser, at et ur går langsommere i et kraftigt tyngdefelt.

**Antagelserne bag den specielle relativitesteori**

*Den specielle relativitetsteori.*

Teorien bygger på følgende påstande:

1. *Relativitetsprincippet.* *Alle* *fysikkens* love er ens for alle observatører, der bevæger sig med konstant fart i forhold til hinanden.
2. *Lysets fart er absolut****.*** Lysets fart er en konstant uanset lyskildens eller observatørens bevægelse.

*I den specielle relativitetsteori er alt relativt undtaget lysets fart.*

*Uddybning af relativitetsprincippet.*

Det er en udvidelse af relativitetsprincippet i den klassiske fysik, hvor *alle* *mekanikkens* love er ens for alle observatører, der bevæger sig med konstant hastighed i forhold til hinanden. Man kan ikke ved nog*et eksperiment* afgøre om man er i bevægelse eller ej. Al bevægelse er relativ. Man kan lige så godt hævde, at det er perronerne, der passerer toget, som det er toget, der passerer perronerne.

*Uddybning af lysets absolutte fart.*

* At lysets fart ikke er påvirket af kilden, er ikke så underligt, for det gælder også for lyd. Når lyden først har forladt ambulancens sirene, bevæger den sig med lydens fart i luft, uanset ambulancens fart.
* At lysets fart ikke er påvirket af observatørens bevægelser, er underligt, for det gælder ikke andre bølgebevægelser. Bevæger man sig mod en stillestående lyd kilde, er lydens fart større, end hvis man bevæger sig væk fra den.

*I det følgende anvendes den hypotetisk deduktive metode*

Vi tror på de to grundlæggende antagelser (hypoteser) og deducerer konsekvenser ved brug af tankeeksperimenter. Hypoteserne accepteres så længe konsekvenserne er i overensstemmelse med eksperimentelle resultater.

## 4. Hvorfor er samtidighed relativ?

**Samtidighed relativistisk**

En person i midten af vognen sender laserlys mod togets for - og bagende. Lyset udsendes i det øjeblik, hvor personen på toget er lige ud for en person på perronen.

* *Set fra toget.* Lyset når for- og bagenden på samme tid, fordi lyset set fra toget bevæger sig med lysets fart, og der er lige langt til for- og bagenden.
* *Set fra perronen.* Lyset vil først nå togets bagende, fordi lyset bevæger sig med lysets fart mod en bagende, der nærmer sig lysstrålen og en forende, der fjerner sig fra lysstrålen.

****

*Lysets fart er lysets fart for alle, men samtidighed gælder kun for den enkelte, og kan ikke deles med andre.*

## 5. Relativ samtidighed fører til relativ længde

**Tankeeksperiment**

En person i midten af vognen sender en kraftig lyspuls mod togets for - og bagende. Ved for og bagende er der et spejl, så lyset kan sætte et mærke på skinnerne. Lyset udsendes i det øjeblik, hvor personen på toget er lige ud for en person på perronen.

*Set fra toget*

Lyset når for- og bagenden på samme tid, fordi lyset set fra toget bevæger sig med lysets fart, og der er lige langt til for- og bagenden. Man kan måle togets længde, ved at måle afstanden mellem mærkerne på skinnerne, fordi mærkerne er afsat samtidigt.

*Set fra perronen*

Lyset vil først nå togets bagende, fordi lyset bevæger sig med lysets fart mod en bagende, der nærmer sig og en forende der fjerner sig. En person på perronen, vil påstå, at afstanden mellem mærkerne er større end togets længde, fordi mærket ved bagenden er afsat før mærket ved forenden.

*’Perron-personen’ påstår, at toget er kortere, end ’tog-personen’ måler den til.*

## 6. Hastighedsaddition

**Hastighedsaddition i klassisk fysik**

Når en person går i et tog, så er personens fart i forhold til skinnerne $v $lig summen af personens fart i forhold til toget $v\_{1} $og togets fart i forhold til skinnerne $v\_{2}$

$$v=v\_{1}+v\_{2}$$

**Opgave 2**

En person går frem i et tog med farten 5 m/s og toget bevæger sig med farten 30 m/s i forhold til skinnerne. Hvor stor er personens fart i forhold til skinnerne?

**Hastighedsaddition i relativitetsteorien**

Når en person går i et tog, så er personens fart i forhold til skinnerne $v $lig summen af personens fart i forhold til toget $v\_{1} $og togets fart i forhold til skinnerne $v\_{2}$

$$v=\frac{v\_{1}+v\_{2}}{1+\frac{v\_{1}∙v\_{2}}{c^{2}}}$$

Den relativistiske hastighedsaddition sikrer at man ved addition af hastigheder aldrig kan overskride lysets fart, og at lysets fart er uafhængig af observatøren. Formlen gælder kun for to parallelle hastigheder

**Opgave 3**

En person sender en lysstråle frem mod forenden af et tog, der bevæger sig med farten $0,5 c$ i forhold til skinnerne. Vis ved brug af formlen, at lysets fart i forhold til perronen også bliver $c$.

*Konsekvenser af hastighedsadditionsformlen*

1. For små hastigheder overgår den relativistiske hastighedsaddition til den klassiske

 Hvis $v\_{1}\ll c$ og $v\_{2}\ll c$, så $\frac{v\_{1}v\_{2}}{c^{2}}≈0$ og $v≈v\_{1}+v\_{2}$

1. Togets forlygte lyser fremad med lysets fart målt fra toget og toget bevæger sig frem lysets fart i forhold til skinnerne

 Hvis $v\_{1}=c$ og $v\_{2}=c$, så er $v=c.$

*Hvornår skal additionsformlen bruges?*

**

1. Hvor stor er den relative hastighed af A og B målt af B?
2. Hvor stor er den relative hastighed af A og B målt af C?

I tilfælde 1) skal hastighedsadditionsformlen anvendes, men ikke i tilfælde 2. Hvis jeg sender en grøn og en rød foton i hver sin retning, vil *jeg* se de to fotoner bevæger sig væk fra hinanden med farten 2 *c*, men den grønne foton ’*ser*’ den røde fjerne sig med lysets fart.

**Eksempel 1**. *Hastighedsaddition og Pythagoræiske tripler*

Adderes hastighederne $\frac{3}{5}c$ og $\frac{5}{4}c$ fås $\frac{35}{37}c,$ hvilket er indeholdt i de to tripler (3,4,5) og (12,35,37).

$$v=\frac{\frac{3}{5}c+\frac{4}{5}c}{1+\frac{\frac{3}{5}c∙\frac{4}{5}c}{c^{2}}}=\frac{\frac{7}{5}c}{1+\frac{12}{25}}=\frac{\frac{7}{5}c}{\frac{37}{25}}=\frac{35}{37}$$

Gravity is not a force, Veritasium

<https://www.youtube.com/watch?v=XRr1kaXKBsU>