# Oppgavesett uke 13

# "Test deg selv"-oppgaver

Disse oppgavene er fine å gjøre hjemme før du kommer på gruppetimen. Om du har spørsmål til disse oppgavene, ta dem gjerne opp på ekstrahjelpgruppa.

### TDS 13.1 Et romskip i farta

Et romskip flyr forbi Jorden med hastighet $u = 0.900c$. En signallampe på Jordens overflate gir et signal som varer 2.50 ms.

a) Hvem måler egentiden mellom de to hendelsene: 1) signalet starter, og 2) signalet slutter? Er det en observatør på Jorden eller en observatør i romskipet?

b) Hvor lenge varer signalet for en observatør på romskipet?

### TDS 13.2 Romskip sett fra Fysikkbygningen

Du står på taket av Fysikkbygningen og observerer et romskip gjennom en stjernekikkert. Kapteinen på romskipet slår på et lys inne i romskipet. Etter kapteinens klokke, så slår han av lyset igjen etter 10 s, mens du måler at lyset er på i 20 s.

a) Hvem måler egentiden, du eller kapteinen i romskipet? Begrunn!

b) Hvor raskt beveger romskipet seg i forhold til deg?

### TDS 13.3 Apollo 10

Den høyeste farten som mennesker har oppnådd var under Apollo 10-ferden til Månen, da Thomas Stafford, John Young og Gene Cernan kjørte i 11.08 km/s. Fra Jorden måler vi at (den gjennomsnittlige) avstanden til Månen er $3.844 \cdot 10^6$ km. Vi antar at Apollo-astronautene kjørte med konstant fart på 11.08 km/s til Månen, og at Jorden og Månen er i ro relativt til hverandre. Lysets fart i vakuum er 299792 km/s.

a) Hvem måler egenlengde for avstanden mellom Jorden og Månen, en observatør på Jorden eller astronautene?

b) Finn Lorentz-faktoren $\gamma$ til Apollo 10-romskipet. (Husk å ta med nok desimaler!)

c) Hvor stor er forskjellen $\Delta l$ som astronautene måler for avstanden til Månen?

# Fasit til "Test deg selv"-oppgaver

### TDS 13.1

b) 5.74 ms.

### TDS 13.2

b) $u = 0.87c$.

### TDS 13.3

b) $\gamma = 1.000000000683$.

c) $\Delta l = 2.63$ m.

# Gruppeoppgaver

## G 13.1 En flyplass

En observatør på jorden måler at landingsbanen på en flyplass er 4.0 km lang. Et romskip flyr forbi langs landingsbanen med hastighet $1.8{\cdot}10^8$ m/s. Lysets hastighet er $3.0{\cdot}10^8$ m/s.

a) Hvilken lengde måler piloten i romskipet?

b) Observatøren på jorden starter klokken når romskipet er over den ene enden og stopper klokken når romskipet er over den andre enden av landingsbanen. Hva måler han?

c) Piloten måler også tiden det tar fra den ene til den andre enden av banen. Hva måler hun?

## G 13.2 Relativhastighet

To referansesystemer $S$ og $S'$ er orientert slik at tilsvarende akser $(x,y,z)$ og $(x',y',z')$ peker i samme retning. System $S'$ beveger seg med hastighet $u$ i forhold til system $S$ langs $x$-aksen. Lorentz-transformasjonen fra system $S$ til system $S'$ kan da skrives som

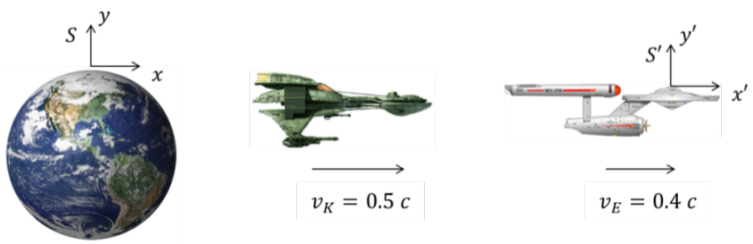
$$x' = \gamma(x-ut), \qquad t' = \gamma(t-\frac{u}{c^2}x).$$

En observatør i system $S$ måler en konstant hastighet til en partikkel i $x$-retning og finner $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. En observatør som befinner seg i system $S$ måler hastigheten $v' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'}$. Vis at sammenhengen mellom $v'$ og $v$ er

$$v' = \frac{v-u}{1-\frac{u}{c^2}v}.$$

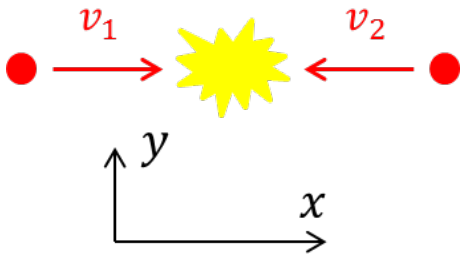
## G 13.3 Enterprise

Romskipet Enterprise er forfulgt av et fiendtlig Klingon Bird-of-Prey romskip. En observatør på jorden (i system $S$) måler at hastigheten til Enterprise er $v_E = 0.400c$ i retning bort fra jorden og hastigheten til Klingon-skipet er $v_K = 0.500c$ i samme retning. Hva er hastigheten $v'_K$ til Klingon-skipet som kaptein Kirk måler fra Enterprise (i system $S'$)?



### G 13.4 Protoner som kolliderer

I et eksperiment akselereres to protoner til høy hastighet i motsatt retning slik at de kolliderer. I laboratoriesystemet $S$ måler vi hastighetene $v_1 = 0.800c$ og $v_2 = -0.800c$. Vi definerer systemet $S'$ slik at det andre protonet er i ro, $v_2' = 0$ m/s, målt i dette systemet. Hva er hastigheten til det første protonet i system $S'$? Med andre ord, hvis du er et av protonene, hva er hastigheten som du måler for protonet som kommer mot deg?



# Fasit til gruppeoppgaver

### G 13.1

a) 3.2 km.

b) 22 $\mu$s.

c) 18 $\mu$s.

### G 13.2

Tips: se lysbilder fra forelesning og/eller AMS-kompendiet kap. 18.

### G 13.3

$v'_K = 0.125c$.

### G 13.4

$v'_1 = 0.976c$.