

### Oppgave 1 og 2

Einsteins addisjonsformel for hastigheter. Pass på fortegnene.

### Oppgave 3

Du ser i det lyset når fram til øyet ditt. *Målinger* må ta hensyn til tiden lyset har brukt på reisen.

### Oppgave 4

Tidsdilatasjon. Løsningen på "paradokset" – vil det ikke fra Sams synsvinkel være omvendt, slik at det er Siv som reiser med hastighet  $0.98c$ ? – er kort fortalt at Sam ikke befinner seg i samme inertialsystem under hele reisen. Han er i ett på vei ut og i et annet på vei hjem.

### Oppgave 5

Bestem myonets hastighet og bruk tidsdilatasjon til å bestemme myonets levetid, som observert av en observatør i ro på jorda. (Alternativt: Bruk lengdekontraksjon og se det hele fra myonets hvilesystem.)

### Oppgave 6

a) Relativistisk energi og impuls er bevart. Nyttig relasjon (for en gitt partikkel):  $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$ . Her er total impuls lik null.

b) Relativistisk impuls er  $p = \gamma mv$ .

### Oppgave 7

a) og b) I systemet der  $E$  og  $p$  er kjent kan  $m$  beregnes. Deretter kan energien beregnes i det systemet hvor impulsen er kjent. Merk at  $m$  er en invariant størrelse for en gitt partikkel, dvs den samme i ulike inertialsystem, mens  $E$  og  $p$  ikke er invariante størrelser.

c) Finn partikkelens hastighet i de to aktuelle inertialsystemene. Dermed har du også de to systemenes hastighet relativt partikkelen. Bruk til slutt Einsteins addisjonsformel for hastigheter til å bestemme relativ hastighet mellom de to systemene.

### Oppgave 8

Total impuls og total energi er bevart i kollisjonen. Bestem først total impuls, deretter total energi.

### Oppgave 9

a) Impulsbevarelse gir umiddelbart omtrentlig retning for partikkel nr 3. Bruk f.eks vinkelen  $\theta$  mellom positiv  $x$ -akse og  $\mathbf{p}_3$  som variabel.

b) Bruk energibevarelse. Før spaltingen har systemet kun hvileenergi.

### Oppgave 10

Satellittenes relativhastighet via Einsteins addisjonsformel. Frekvensen får et Dopplerskift (se notatene s 124). Hvis  $|x| \ll 1$  er  $1/(1+x) \simeq 1-x$ , og  $(1-x)^2 \simeq 1-2x$ .