Konstant kraft og lysfarten

Navn: _____ Dato: _____

Simuleringen

Et proton skyves med en konstant kraft. Med $p = mv$ og impulsloven $F \cdot t = \Delta p$ skulle farten øke jevnt og passere lysfarten etter en stund. Det skjer aldri. Her sammenligner du den klassiske og den relativistiske beskrivelsen.

Oppgaver

Start med et proton og $F = 1{,}0 \cdot 10^{-12}$ N. $m_\mathrm{p} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg og $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s.

1. **Gjett** Regn ut klassisk hvor lang tid det tar før protonet når lysfarten: $F \cdot t = mc$. Hva tror du skjer i virkeligheten? Kjør simuleringen og se på fartsgrafen.

2. **Regn** Når $t = mc/F$, er $p = mc$. Bruk $p = \gamma m v$ til å vise at farten da er $v = c/\sqrt{2}$. Hva er γ? Sjekk med simuleringen.

3. **Forklar** Den samme impulsen gir den samme bevegelsesmengden i begge beskrivelsene. Hvorfor blir farten likevel forskjellig? Hva er det kraften «bruker» bevegelsesmengden til når farten er nær c?

4. **Undersøk** Velg grafen for bevegelsesmengde mot fart. Kraft 2 har en tommelfingerregel om at vi kan regne klassisk under 10 % av lysfarten. Hvor stor prosentvis feil gjør vi med $p = mv$ ved $0{,}10c$ og ved $0{,}50c$?

5. Regn Velg romskipet på 50 tonn med en motor som skyver med 1,0 MN. Hvor lang tid tar det før romskipet har $0{,}99c$? Sammenlign med tiden det klassisk ville tatt å nå c.

6. Forklar Velg grafen for kinetisk energi mot fart. Hvorfor trengs det mye mer energi for å øke farten fra $0{,}90c$ til $0{,}9991c$ enn fra $0{,}70c$ til $0{,}90c$ (eksempel 4-4 i Kraft 2)? Hvorfor kan ingen partikkel med masse nå lysfarten?

7. Utfordring Vis at $v = pc/\sqrt{p^2 + m^2c^2}$ (Kraft 2-oppgave 4.51). Bruk uttrykket til å forklare at fartsgrafen flater ut mot c, og at den ligner $v = p/m$ når p er liten.