

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

Opgave 1

Vanaf de zon komt er altijd een deeltjesstroom richting aarde. Deze deeltjesstroom bevat onder andere protonen. Neem als snelheid voor deze protonen 400 km/s.

Vanuit het heelal komen echter ook veel energierijkere protonen richting aarde. Deze kosmische protonen hebben een snelheid van wel 99% van de lichtsnelheid.

- Bereken** de benodigde versnelling in een deeltjesversneller om hier op aarde protonen te maken met een snelheid van 400 km/s.
- Bereken** de benodigde versnelling in een deeltjesversneller om hier op aarde protonen te maken met een snelheid van 99% van de lichtsnelheid.

Heb je bij bovenstaande berekeningen rekening gehouden met relativistische effecten?

- Ga voor zowel vraag a als vraag b na of relativistische effecten van belang zijn.

Opgave 2

Twee raketten hebben ieder een eigenlengte van 100 m. Ze vliegen elkaar tegemoet en passeren elkaar.

Raket 1 meet dat de neus van raket 2 daar $5,00 \cdot 10^{-7}$ s over doet.

- Bereken** de snelheid die raket 2 heeft ten opzichte van raket 1.

De neus van raket 2 heeft een oneindig nauwkeurige stopwatch.

- Bereken** het tijdsinterval dat de stopwatch registreert om van de neus van raket 1 naar de staart van raket 1 te reizen.

Opgave 3

Op een afstand van 20 miljoen lichtjaar vindt een supernova plaats. Bij deze supernova-explosie ontstaan naast licht ook protonen die gelijktijdig met het licht hun reis naar de aarde beginnen. De protonen bereiken de aarde één jaar na het licht.

Bereken hoe lang de reis voor de protonen heeft geduurd gezien vanuit het ruststelsel van de protonen.

Let op: rond tussentijds niet af!

