

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

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!



Opgave 3

Je versnelt proton 1 tot 99,990% van de lichtsnelheid, proton 2 tot 99,999% van de lichtsnelheid.

Beide protonen vliegen door hetzelfde sterke magnetische veld, dat ze afbuigt.

- Leg uit** of proton 2 dan een andere massa heeft dan proton 1.
- Leg uit** dat proton 2 dan nauwelijks een andere snelheid heeft dan proton 1.
- Leg uit** hoe de baan van proton 2 wel merkbaar verschilt van de baan van proton 1.