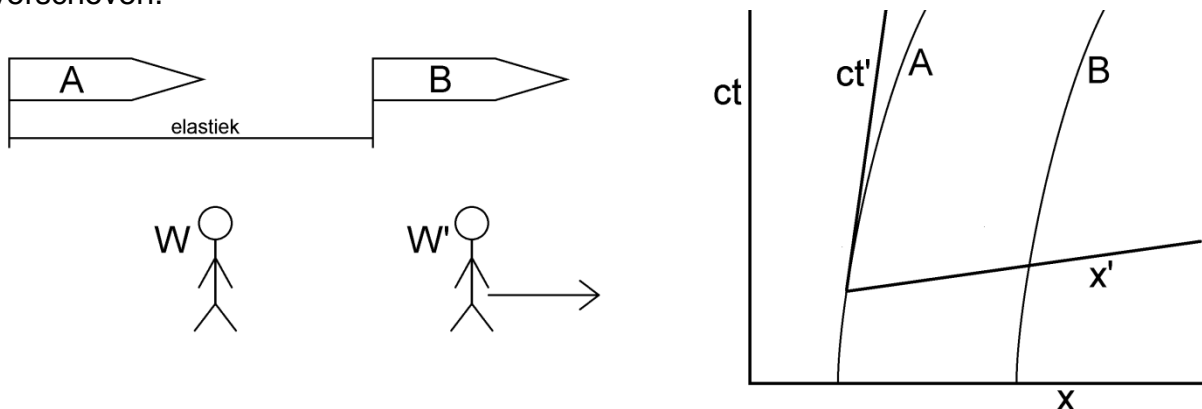


Opgave: de rakettenparadox van Bell

In de onderstaande linker figuur bevinden zich twee inertiaalwaarnemers W en W' waarbij W' ten opzichte van W met een constante snelheid naar rechts beweegt. Twee identieke raketten A en B zijn in eerste instantie in rust ten opzichte van W . Tussen de achterkanten van A en B is een elastiek bevestigd dat net niet slap 'hangt'. We zullen van nu af aan alleen nog spreken over raket A en raket B maar we bedoelen daar impliciet steeds de achterkanten van A en B mee.

Op een gegeven moment start W met behulp van lichtsignalen de stuurraketten van A en van B . Het elastiek wordt door de uitlaatgassen van deze stuurraketten niet beïnvloed. Vanuit W bekeken beginnen A en B dan gelijktijdig naar rechts te versnellen. We gaan ervan uit dat de krachten van het elastiek op A en op B verwaarloosbaar klein blijven. Voor W is de versnelling van A dan steeds gelijk aan die van B en blijft de afstand tussen A en B constant.

In het onderstaande minkowskidiagram horen de ct -as en x -as bij waarnemer W . In het diagram zijn de wereldlijnen van de raketten A en B getekend. De wereldlijnen zijn precies gelijk aan elkaar en alleen in horizontale richting ten opzichte van elkaar verschoven.



Zodra de snelheid van raket A voor waarnemer W' nul is, zet W' zijn klok op nul (zijn tijd begint dan te lopen) en kiest hij de oorsprong van zijn plaatsaanduiding bij raket A . In het minkowskidiagram horen de ct' -as en x' -as bij waarnemer W' .

a.

Leg uit hoe je in het minkowskidiagram kunt zien dat de snelheid van raket A voor waarnemer W' op het tijdstip $t' = 0$ gelijk is aan nul.

b.

Wat volgt uit het minkowskidiagram voor de snelheid van raket B voor waarnemer W' op het tijdstip $t' = 0$? Is die snelheid nul, groter dan nul of kleiner dan nul? Leg je antwoord uit.

Hieronder volgen vijf beweringen.

1)

De snelheid van B is steeds groter dan die van A. Het elastiek wordt dus steeds langer en zal uiteindelijk knappen.

2)

De snelheid van B is steeds kleiner dan die van A. Het elastiek zal slap gaan hangen.

3)

De snelheid van B is steeds gelijk aan die van A. Het elastiek blijft dus even lang en er gebeurt dus verder niets met het elastiek.

4)

De snelheid van B is steeds gelijk aan die van A. Het elastiek blijft dus even lang. Vanwege het verschijnsel 'lengtekrimp' zal het elastiek uitrekken en uiteindelijk knappen.

5)

De snelheid van B is steeds gelijk aan die van A. Het elastiek blijft dus even lang. Vanwege het verschijnsel 'lengtekrimp' zal het elastiek slap gaan hangen.

c.

Welke van de bovenstaande beweringen is juist voor waarnemer W? _____

Welke van de bovenstaande beweringen is juist voor waarnemer W'? _____

Antwoorden

a.

De raaklijn van de wereldlijn van A op $t' = 0$ valt samen met de ct' -as.

b.

De snelheid van B is groter dan nul (beweging naar rechts).

De raaklijn van de wereldlijn van B op $t' = 0$ heeft een kleinere hellingshoek dan de ct' -as.

c.

Voor W : bewering 4.

Voor W' : bewering 1.