Een paar relativistische rekenvoorbeelden.

Inhoudsopgave

Voorbeeld 1 1
Voorbeeld 2: 2
Voorbeeld 3: 2
Voorbeeld 4: 3
Voorbeeld 5: 4
Voorbeeld 6: 4
Voorbeeld 7: 5
Voorbeeld 8: 5
Disclaimer 7
Inhoud 7
Aansprakelijkheid 7
Verantwoordelijkheid 7

Voorbeeld 1

Stel we schieten een klokje met een enorme snelheid naar Mars en met de zelfde snelheid weer terug. Mars staat op dat moment op **10 lichtminuten= 10 x 60 x 300.000 km= 180 miljoen km** bij ons vandaan (heen en terug **360 miljoen km**, **20 lichtminuten**).

Volgens een waarnemer op aarde doet het klokje er **40 minuten** over om weer terug te keren. Op welke stand staat het klokje als die bij vertrek op **0:00:00 uur** is gezet?

Antwoord:

$t_{klok} = \sqrt{t_w^2 - t_s^2} = \sqrt{40^2 - 20^2} = 34{,}64\, min = 00:34:38\, uur$. (zie HIER)

Voorbeeld 2:

Volgens een waarnemer vliegen twee raketten elkaar tegemoet. Raket 1 vliegt volgens de waarnemer met een snelheid van **0,6 c**, Raket 2 met een snelheid van **0,4 c**. Hoe snel zien de raketten elkaar naderen? (zie HIER)

Antwoord:

Voor Raket 1 geldt:

$$v_e = \frac{c}{\sqrt{1/0{,}6^2 - 1}} = 0{,}75\, c$$

Voor Raket 2 geldt:

$$v_e = \frac{c}{\sqrt{1/0{,}4^2 - 1}} = 0{,}4363\, c$$

Som van beide= 1,1864 c

$$v_i = \frac{c}{\sqrt{(c/v_e)^2 + 1}} = \frac{c}{\sqrt{1/1{,}1864^2 + 1}} = 0{,}7646\, c$$

ofwel de twee raketten zien elkaar naderen met een snelheid van **0,7646 c**.

Voorbeeld 3:

Wat is de kinetische energie van een deeltje met een snelheid van **0,99 c**?

Antwoord:

$$v_e = \frac{c}{\sqrt{1/99^2 - 1}} = 7{,}018\, c$$

$$E_k = mc\sqrt{c^2 + v_e^2} - mc^2$$

$$E_k = mc^2\sqrt{1 + 7{,}018^2} - mc^2 = 6{,}089\, mc^2$$

Voorbeeld 4:

In het Large Hadron Collider (LHC) in de buurt van Genève worden in een ringvormige tunnel met een omtrek van **27 km** protonen versneld tot een snelheid van **0,999.999.964 c**.

Wat is de benodigde gemiddelde veldsterkte van het magneetveld om de protonen in hun baan te houden?

Antwoord:

Een elektrisch geladen deeltje doorloopt in een magnetisch veld een (deel van een) cirkel-baan waarbij de straal bepaald wordt door $r=\frac{mv_e}{Bq}$

=> $B=\frac{mv_e}{rq}$

m = de massa van het proton = $1{,}672.62*10^{-27}\,kg$
q = de lading van het proton = $1{,}6*10^{-19}\,C$
r = de straal van de doorlopen cirkel = $4.297{,}2\,m$
v_i = de snelheid van het proton = $0{,}999.999.964\,c$

$$v_e=\frac{c}{\sqrt{(c/v_i)^2-1}}=3.726{,}78\,c$$

$$B=\frac{1{,}672.62*10^{-27}*3{,}726.78*10^3*3*10^8}{4{,}297.2*10^3*1{,}6*10^{-19}}=2{,}72\,T$$

Om de protonen in de circulaire baan te houden maakt het LHC gebruik van ongeveer twaalf-honderd 15 meter lange supergeleidende magneten met een veldsterkte van 8,36 Tesla.

Voorbeeld 5:

Hoe groot is de middelpuntvliedende kracht op een proton in de Large Hadron Collider (LHC) die door de Lorentzkracht moet worden gecompenseerd om het proton in zijn baan te houden. De LHC heeft een omtrek van **27 km** en het proton heeft een snelheid van **0,999.999.964 c**.

Antwoord:

De naar buiten gerichte kracht die een ronddraaiende massa **m** op een afstand **r** van een middelpunt uitoefent, wordt gegeven door:

$$F_m = \frac{m v_e^2}{r}$$

m = de massa van het proton = $1{,}672.62 * 10^{-27}\, kg$
r = de straal van de doorlopen cirkel = $4.297{,}2\, m$
v_i = de snelheid van het proton = $0{,}999.999.964\, c$

$$v_e = \frac{c}{\sqrt{(c/v_i)^2 - 1}} = 3.726{,}78\, c$$

$$F_m = \frac{1{,}672.62 * 10^{-27} * (3.726{,}78\, c)^2}{4.297{,}2} = 4{,}865.4 * 10^{-7}\, N$$

Voorbeeld 6:

Met een ruimteschip wordt een klok met een constante versnelling de ruimte ingeschoten.
Een waarnemer blijft achter.
De klok wordt op het moment van vertrek op 00:00:00 uur gezet.
De versnelling bedraagt $1000\, m/s^2$.

Op wat voor afstand van de waarnemer bereikt het schip volgens die waarnemer een snelheid van 0,4 c (v_i) en wat is op dat moment de stand van de klok?

Antwoord:

$$v_e = \frac{c}{\sqrt{(c/v_i)^2 - 1}} = 0{,}4364\, c$$

t_e is de stand van de klok.

$$t_e = \frac{v_e}{a} = \frac{0{,}4364\, c}{1000} = 130.931\, seconden = 36:22:11\, uur$$

$$s = \frac{v_e * t_e}{2} = \frac{a * t_e^2}{2} = \frac{1000 * 130.930^2}{2} = 8{,}5714 * 10^{12}\, m = 8{,}5714 * 10^{9}\, km = 28.571\, lichtseconden$$

wat bijna gelijk is aan $8\, lichtuur$.

Voorbeeld 7:

Hoeveel loopt, na honderd jaar, een klok voor op een toren van 100 m hoogte in vergelijking met een klok op de grond?

Antwoord:

De versnelling aan het oppervlak van de aarde (en op honderd meter hoogte) bedraagt $10\,m/s^2$, wat gelijk staat aan een tijdsgradiënt per meter van $10\,m/(3*10^8\,m)^2=1{,}1111*10^{-16}\,per\,meter$ (een seconde is gelijk aan $3*10^8\,m$) .

100 jaar is gelijk aan $100*365*24*3600\,s=3{,}1536*10^9\,s$
Het tijdsverschil is
$hoogte*tijdsgradiënt*100\,jaar=100*1{,}1111*10^{-16}*3{,}1536*10^9=35{,}04*10^{-6}\,s$

dus net iets meer dan $35\,\mu s$.

Voorbeeld 8:

Hoeveel loopt een klok t.o.v. een klok op aarde voor of achter in een satelliet op 20.000 km hoogte na een omwenteling?

Antwoord:

Een klok op een bepaalde hoogte loopt voor t.o.v. een klok op aarde.

Een klok die zich t.o.v. van een klok op aarde beweegt loopt achter.

Voor de versnelling t.g.v. de aantrekkingskracht van een massa geldt:

$$g(r)=\frac{GM}{r^2}$$

Het product van G en M is voor de aarde met grote nauwkeurigheid bekend.
Voor de aarde geldt: $GM=3{,}986*10^{14}m^3s^{-2}$

Voor de satelliet geldt dat de middelpuntvliedende kracht gelijk is aan de aantrekkingskracht van de aarde: $\frac{mv_e^2}{R_s}=\frac{mGM}{R_s^2}$ => $v_e=\sqrt{\frac{GM}{R_s}}=\sqrt{\frac{3{,}986*10^{14}}{26{,}371*10^6}}=3.887{,}8\,ms^{-1}$

De omtrek van deze cirkelbaan: $C_s=2\pi r=2*3{,}1416*26{,}371*10^6=165{,}694*10^6\,m$

De tijd van een omwenteling: $t_{e-omwenteling}=\frac{165{,}694*10^6}{3.887{,}8}=42.619\,s=11:50:19\,uur$

Het tijdsverschil t.g.v. zijn snelheid tussen de klok op aarde en de klok in de satelliet is:

$$t_i-t_e=\frac{s}{v_i}-\frac{s}{v_e}=\frac{s(v_e-v_i)}{v_i v_e}=\frac{s(1-v_i/v_e)}{v_i}$$

$$v_e=\frac{v_i}{\sqrt{1-v_i^2/c^2}} \quad \Rightarrow \quad t_i-t_e=\frac{s}{v_i}(1-\sqrt{1-v_i^2/c^2})\approx\frac{s\,v_i}{2c^2}$$

Het tijdsverschil t.g.v. zijn snelheid na een omwenteling:

$$t_i-t_e=\frac{165{,}694*10^6*3.887{,}8}{2(3*10^8)^2}=3{,}5788*10^{-6}\,s$$

Houd je niet van benaderingen, reken dan het resultaat uit m.b.v. de Ivy-rekenmachine van Google: $t_i-t_e=\frac{s}{v_i}(1-\sqrt{1-\frac{v_i^2}{c^2}})=3{,}5788*10^{-6}\,s$

In **Voorbeeld 7** is **g** bij benadering een constante. Dat geldt hier echter niet. We integreren daarom **g(r)** van $\mathbf{R_0}$ tot $\mathbf{R_s}$.

$$g[R_0-R_s]=\int_{R_0}^{R_s}\frac{GM}{r^2}dr=[\frac{GM}{r}]_{R_o}^{R_s}=GM(-\frac{1}{R_s}+\frac{1}{R_0})=GM(\frac{R_0-R_s}{R_s R_0})m^2 s^{-2}$$

$$g[R_0-R_s]=3{,}986*10^{14}(\frac{6{,}371*10^6-26{,}371*10^6}{6{,}371*10^6*26{,}371*10^6})=-47{,}450*10^6 m^2 s^{-2}$$

Het tijdsverschil van de twee klokken t.g.v. de zwaartekracht na een omwenteling bedraagt: $\frac{-47{,}45*10^6}{(3*10^8)^2}*42.619=-22{,}47*10^{-6}\,s$

De totale tijdsverschil na een omwenteling is dus

$3{,}5788*10^{-6}-22{,}47*10^{-6}=-18{,}89*10^{-6}\,s$, dus bijna $-19\,\mu s$

Wordt vervolgd.

In dit artikel/discussiestuk wil ik aantonen dat het voor een goed begrip van de relativiteitstheorie beter is om met wat meer afstand de waarneming te interpreteren. Bovendien is de theorie dan beter te begrijpen.

Disclaimer

Inhoud

De informatie die door mij, Henk Druiven, wordt verstrekt op deze website is ontleend aan mijn fantasie. Doordat er door weinig mensen inhoudelijk op mijn stellingen en berekeningen wordt gereageerd kan het zijn dat er fouten op de site voorkomen. Ik nodig iedereen van harte uit om te reageren.

De informatie op deze website is uitsluitend indicatief en kan op ieder moment zonder aankondiging worden gewijzigd.

Aansprakelijkheid
Aan de verstrekte informatie kunnen geen rechten worden ontleend. Ik, Henk Druiven, aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor de inhoud van deze website en de daarop verstrekte informatie.

Verantwoordelijkheid
Afnemer van de informatie is verantwoordelijk voor de keuze en het gebruik van de informatie. Ten aanzien van de inhoud van dit document bestaat geen overnemingsvrijheid; alle auteursrechten, ook die bedoeld in art.15 Auteurswet worden voorbehouden. Nederlands recht is van toepassing.

Reacties kunt u sturen naar **henk@alternatiefoerknaltheorie.nl**