

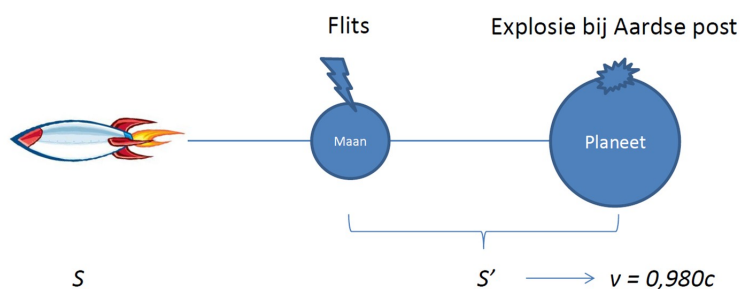
HOVO: Gravitatie en kosmologie

OPGAVEN WEEK 1

Opgave 1: Causaliteit

In het jaar 3001 wordt door de Aardse Federatie een ruimteschip naar een Aardse observatiepost op de planeet P4711 gestuurd. Op de maan van deze planeet is een gevechtsgroep gevestigd van de vaak vijandige Reptilianen. Terwijl het ruimteschip een rechtstreekse koers volgt, eerst voorbij de planeet P4711 en daarna voorbij haar maan, wordt er een hoge-energie microgolf flits gedetecteerd ter plaatse van de Reptiliaanse maan en dan, 1.10 seconde later, een explosie op de Aardse observatiepost (zie ook de figuur). Deze post bevindt zich op 4.00×10^8 m van de Reptiliaanse basis zoals gemeten vanuit het referentiesysteem aan boord van het ruimteschip. Het lijkt duidelijk te zijn dat de Reptilianen de Aardse observatiepost hebben aangevallen; het ruimteschip begint voorbereidingen te treffen om een confrontatie aan te kunnen gaan.

Opgave a): De snelheid van het schip ten opzichte van de planeet en haar maan is $0.980c$. Wat is de afstand en tijdsinterval tussen de flits en de explosie zoals gemeten in het planeet-maan inertiaalsysteem (en dus volgens het personeel op de stations)?



Figuur 1: *Situatieschets van de flits en explosie.*

Opgave b): Veroorzaakte de flits de explosie, of was de explosie de oorzaak van de flits? Dient ons ruimteschip de Reptilianen te confronteren?

Opgave 2: Verval van pionen

Opgave: Welke afstand legt een bundel geladen en neutrale pionen in vacuüm af met een kinetische energie van (a) 1 MeV, (b) 100 GeV, voordat de intensiteit met een factor twee gereduceerd is?

Opgave 3: Collider en Fixed-Target Experimenten

Opgave: Bij DESY in Hamburg wordt een 6 km lange opslagring gebruikt om de substructuur van het proton te onderzoeken in collider experimenten. In deze ring versnelt men protonen tot 820 GeV, die frontaal botsen met elektronen die tot 35 GeV versneld kunnen worden. Stel, dat men in plaats van een collider experiment een experiment met vaste targets zou gebruiken (de zogenaamde fixed-target experimenten).

Opgave a): Welke energie zou de elektronenbundel moeten hebben om dezelfde impulsoverdracht te kunnen maken op een fixed proton target (waarbij de protonen in rust zijn)?

Opgave b): Welke energie zou de protonenbundel moeten hebben om dezelfde impulsoverdracht te kunnen maken op een target met elektronen dat in rust is?

Opgave c): Reken uit wat de relatieve impulsen van de protonen en elektronen zijn in het zwaartepuntssysteem (in dit systeem is de totale drie-impuls gelijk is aan 0).

Opgave d): De maximale overdraagbare vierimpuls is gelijk aan 2 maal de proton (of elektron) impuls in dit systeem. Geef de corresponderende golflengte in meters. Dit is een goede maat voor het oplossend vermogen waarmee de structuur van protonen of elektronen gemeten kan worden.

Opgave 4: Kosmische Straling

Het meest energetische proton dat ooit gedetecteerd is in de kosmische straling had de opzienbarende energie van 3.0×10^{20} eV (dat is voldoende energie om een theelepel water een aantal graden op te warmen).

Opgave a): Bereken de Lorentzfactor γ en de snelheid β van het proton.

Opgave b): Stel dat het proton langs de diameter (9.8×10^4 lichtjaar) van ons Melkwegstelsel vliegt. Hoe lang duurt de reis van het proton zoals gemeten in ons Aarde-Melkweg referentiesysteem?

Opgave c): Hoelang duurt de reis van het proton zoals gemeten in het rustsysteem van het proton?