



Zwarte Gaten

Keuzeopdracht voor natuurkunde

Een verdiepende keuzeopdracht over zwaartekracht

Oriëntatie

Een zwart gat is een object waarvan de zwaartekracht zo sterk is dat niets eruit kan ontsnappen, zelfs het licht niet. Hoe kun je een zwart gat dan zien? En zijn zwarte gaten altijd heel zwaar?

Vraag 1. Je kennis over zwaartekracht en energie ophalen.

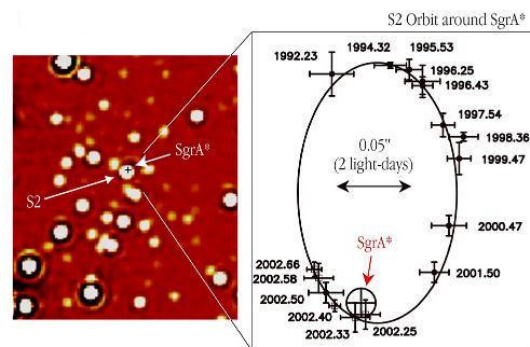
- Maak de examenopgave "Sojoez" en/of de examenopgave "Jan-van-Gent" (a t/m c) van www.natuurkunde.nl
- Zoek de hoofdstukken over energie en zwaartekracht op in je natuurkundeboek en lees de tekst even door. Zoek een moeilijke opgave uit en maak die. Als dat niet lukt probeer dan ook wat andere opgaven.

Wat is een zwart gat?

Een zwart gat zien: de ster die om niets draait

In de figuur zie je een aantal sterren in het sterrenbeeld Sagittarius. De ster S2 beweegt in 15 jaren in een ellipsvormige baan rond een onbekend object. Dit object heeft de naam Sgr A* (Sgr is de afkorting van Sagittarius, het sterrenbeeld de Boogschutter gekregen), maar is niet te zien.

Aan de hand van de afstand van de zon tot S2 is berekend dat de baan van S2 rond Sgr A* een straal heeft van 1000AU (1AU = 150 miljoen km, de afstand Aarde-Zon).



Bron: www.eso.org/public/images/eso0226c

Vraag 2. De massa van Sgr A*

- Wat is de massa van het object waar de S2 om heen draait? Hoeveel keer zwaarder dan de zon is dit?
Je mag er hierbij vanuit gaan dat S2 in een cirkelbaan beweegt. Het antwoord wijkt dan maar een paar procent af van het echte antwoord. (De massa van de zon kun je in BINAS vinden.)

De grootte van zwarte gaten

De straal van een zwart gat is gedefinieerd als de straal waarbinnen de ontsnappingsnelheid groter is dan de lichtsnelheid. Zelfs iets dat zo snel als het licht reist, kan daar vandaan dus niet ontsnappen. De straal waarbinnen dit gebeurt, wordt wel de Schwarzschildstraal, R_S , genoemd. Op R_S is de ontsnappingsnelheid dus precies gelijk aan de lichtsnelheid.

De zwaartekrachtsenergie van een deeltje met massa m op afstand r van het centrum van een massa M is: $E_z = -GmM/r$.

Vraag 3. Ontsnappingsnelheid en Schwarzschildstraal

- Aan welke vergelijking voldoen de kinetische en zwaartekrachtsenergie van een deeltje als deze precies met de ontsnappingsnelheid reist?
- Schrijf deze eis om tot een formule voor de ontsnappingsnelheid als functie van massa en afstand.

-
- Bepaal hieruit een algemene formule voor de Schwarzschildstraal van een object met een massa m .
 - Reken de Schwarzschildstraal uit van enkele voorwerpen. Bijvoorbeeld: een euromunt, een auto, de Aarde, de Zon, Sgr A*. Wat is je eigen Schwarzschildstraal?
 - Bepaal ook de gemiddelde dichtheden van deze voorwerpen, als het zwarte gaten zouden zijn. Valt je iets op? Zou een zwart gat kunnen bestaan met de gemiddelde dichtheid van water?
-

Vervolgonderzoek

Nu je bekend bent met een paar van de belangrijkste eigenschappen van zwarte gaten kun je zelf proberen meer informatie over Zwarte Gaten op te zoeken. Je zou daarbij aan de volgende vragen kunnen denken.

-
- De meeste zwarte gaten zijn niet zo zwaar als Sgr A*, maar zijn slechts een paar keer zwaarder dan de zon. Hoe ontstaan deze zwarte gaten?
 - Omdat de ontsnappingsnelheid van een zwart gat de snelheid van het licht is, kan ook licht niet aan een zwart gat ontsnappen. Je kunt ze dus niet gewoon zien. Maar je hebt in de inleiding al gezien dat je een zwart gat kan vinden doordat zijn zwaartekracht sterren in de buurt beïnvloed. Kun je nog andere manieren vinden om zwarte gaten op te sporen?
 - Stel dat het binnenste van de Aarde een zwart gat zou worden, maar dat de aardkorst wel op de huidige plek zou blijven. Wat zou je op het Aardoppervlak dan merken van dit zwarte gat?
 - Op Aarde is er een zeer klein verschil tussen de zwaartekracht die werkt op je voeten en de zwaartekracht die werkt op je hoofd. Hoe groot wordt dit krachtsverschil als je in de buurt (dus binnen een paar keer de Schwarzschildstraal) komt van een zwart gat? Kun je dit overleven? Maakt het nog uit hoe zwaar het zwarte gat?
-

Afronding

Maak een 'product' waarmee je je docent en medeleerlingen kunt laten zien wat je geleerd hebt van deze keuzeopdracht. Zo'n product kan bijvoorbeeld een poster zijn waarop je iets vertelt over zwarte gaten. Iets anders mag natuurlijk ook.

Bedenk een vraag die een medeleerling moet kunnen beantwoorden als hij/zij het product heeft bestudeerd. Welk(e) antwoord(en) zou je op deze vraag willen krijgen?