

30 De zon heeft een schwarzchildstraal van 2,95 km. Aan het einde van haar leven zal de straal van de zon sterk toenemen.

- a Verandert bij het toenemen van de straal van de zon de schwarzchildstraal van de zon? Licht je antwoord toe.

Als een middelzware ster aan het einde van zijn leven explodeert, dan blijft een neutronenster over op de plaats van de originele ster. Een neutronenster met de massa van de zon heeft een straal van 10 km. Een neutronenster is zeer heet.

- b Leg uit waarom deze neutronenster geen zwart gat is.

Als een neutronenster materiaal van een andere ster invangt, dan neemt zijn straal toe. Neem aan dat de dichtheid van een neutronenster onafhankelijk is van zijn massa. Is de straal van een neutronenster 26% groter geworden, dan is de schwarzchildstraal twee keer zo groot.

- c Toon dat aan.

Als een neutronenster voldoende materiaal heeft ingevangen, is hij een zwart gat.

- d Leg dat uit.

**Opgave 30**

a Voor de schwarzchildstraal geldt  $R_s = \frac{2G \cdot M}{c^2}$

De schwarzchildstraal is alleen afhankelijk van de massa van de zon en niet van de straal. Dus de schwarzchildstraal blijft gelijk als de straal van de zon toeneemt.

- b Een ster is een zwart gat wanneer de straal van de ster kleiner is dan de schwarzchildstraal. De schwarzchildstraal van de neutronenster is 2,95 km, omdat de massa gelijk is aan de massa van de zon. De straal van de neutronenster is 10 km en is dus groter dan 2,95 km. De neutronenster is dus geen zwart gat.

- c Wordt de schwarzchildstraal 2 keer zo groot, dan wordt volgens de formule  $R_s = \frac{2G \cdot M}{c^2}$  de massa ook 2 keer zo groot. Omdat de dichtheid constant is, wordt het volume dus ook 2 keer zo groot. Voor het volume van een bol geldt  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .

Als de straal toeneemt met 26%, dan wordt het volume  $1,26^3 = 2,00$  keer zo groot.

- d Als de neutronenster zijn massa verdubbelt, dan is zijn straal slechts 26% groter geworden. De massa neemt dus sneller toe dan de straal. Op een gegeven moment is de schwarzchildstraal dus groter dan de straal van de neutronenster. En dan is hij een zwart gat.