

- 13 Een supernova is het verschijnsel dat je waarneemt als een ster explodeert. In 1604 was een supernova met het blote oog waar te nemen. De explosie vond plaats op een afstand van  $2,0 \cdot 10^3$  lichtjaar.

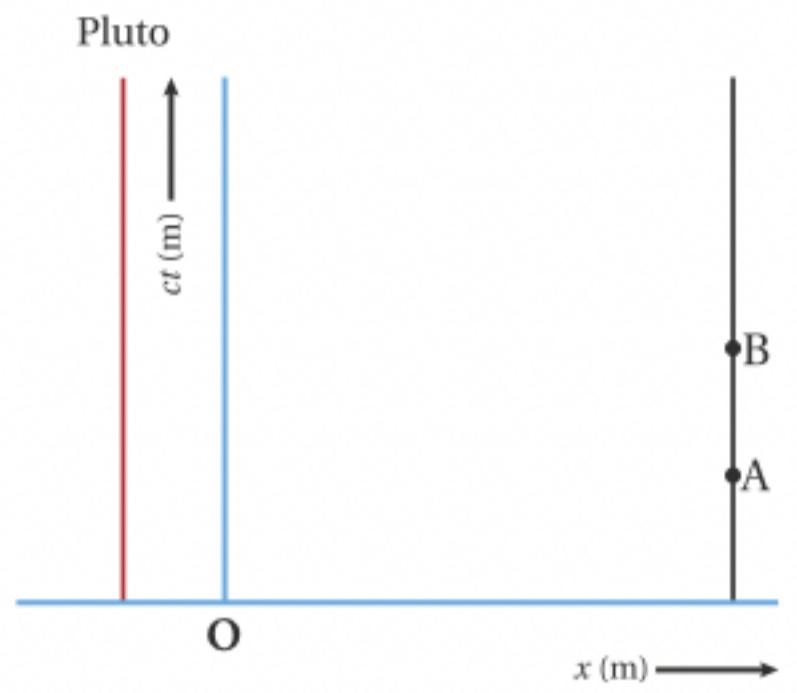
a Bereken in welk jaar deze supernova plaatsvond.

Bij sommige supernova's blijft een neutronenster over op de plek van de zware ster. In figuur 26 is de zwarte lijn de wereldlijn van een supernova in het ruimtetijd-diagram van een ruimtereiziger op de aarde. Gebeurtenis A is het begin van de explosie en gebeurtenis B is het ontstaan van de neutronenster.

Het is theoretisch onmogelijk voor de ruimtereiziger om vanuit O de gebeurtenissen in A en B ter plekke mee te maken, als hij ernaar toe zou reizen.

b Leg dit uit.

c Leg aan de hand van het ruimtetijd-diagram uit dat de zware ster al een neutronenster is op het moment dat de supernova op aarde wordt waargenomen.



Figuur 26

De wereldlijn van Pluto geeft aan dat Pluto verder van de supernova af staat dan de aarde.

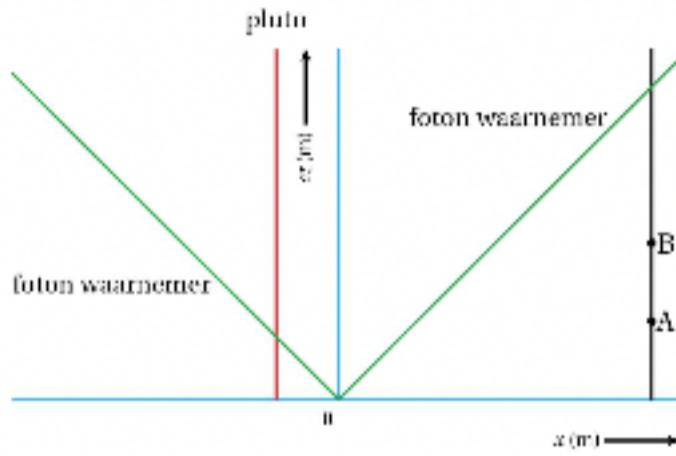
d Leg uit dat een waarnemer op Pluto de supernova later waarnemt.

Voor een waarnemer op Pluto duurt het bestaan van de supernova even lang als voor een waarnemer op aarde.

e Leg dit uit met behulp van lichtkegels.

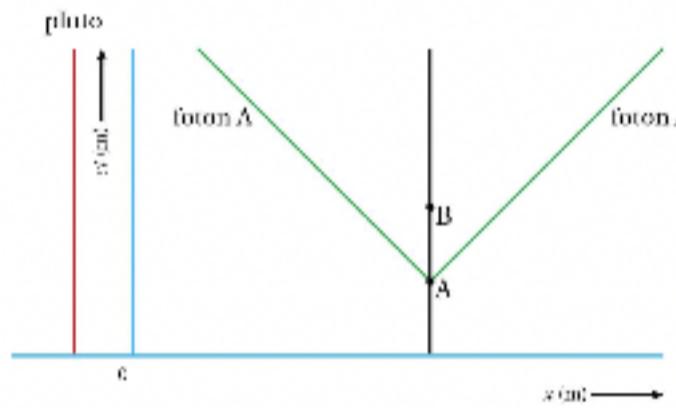
### Opgave 13

- a De afstand 1 lichtjaar is de afstand die het licht in 1 jaar aflegt. De afstand  $2,0 \cdot 10^3$  lichtjaar wordt door het licht dus in  $2,0 \cdot 10^3$  jaar afgelegd.  
De supernova vond dus plaats in  $1604 - 2,0 \cdot 10^3 = -3,96 \cdot 10^2$  jaar.  
Afgerond:  $-4,0 \cdot 10^2$  jaar.  
De supernova vond dus plaats in het jaar  $4,0 \cdot 10^2$  voor Christus.
- b Zie figuur 11a.  
Je kunt bij een gebeurtenis aanwezig zijn als die binnen de lichtkegel van de toekomst voor de waarnemer in O valt. De groene lijnen geven de grenzen van de toekomst aan. Gebeurtenis A valt buiten de lichtkegel en daar kan hij dus niet bij het begin van de explosie aanwezig zijn.



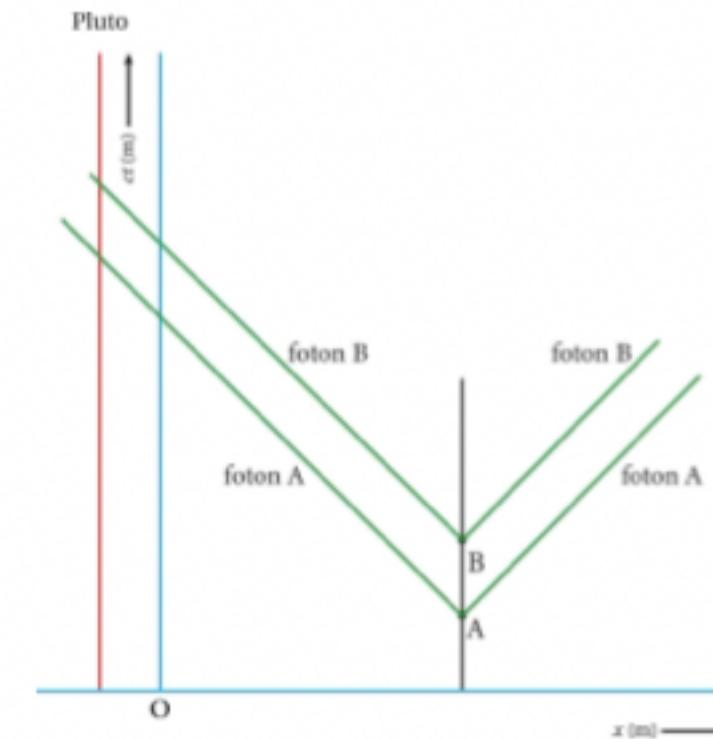
Figuur 11a

- c Zie figuur 11b.  
De gebeurtenis 'supernova waarnemen' is de rand van de lichtkegel in punt A. Deze lichtkegel snijdt de ct-as van een waarnemer op aarde op een tijdstip later dan het tijdstip waarop gebeurtenis B plaatsvindt. Dus is de zware ster al een neutronenster als de supernova op aarde wordt waargenomen.



Figuur 11b

- d Zie figuur 11c. De lichtkegel van gebeurtenis A snijdt zowel de wereldlijn van Pluto als de wereldlijn van een waarnemer op aarde. Het snijpunt met de wereldlijn van Pluto wordt op een later tijdstip bereikt.
- e Zie figuur 11c. De lichtkegel van gebeurtenis B snijdt de wereldlijn van Pluto later dan de lichtkegel van gebeurtenis A. De afstand tussen de snijpunten op de wereldlijn van Pluto is even groot als de afstand tussen de snijpunten op de wereldlijn van de aarde.



Figuur 11c