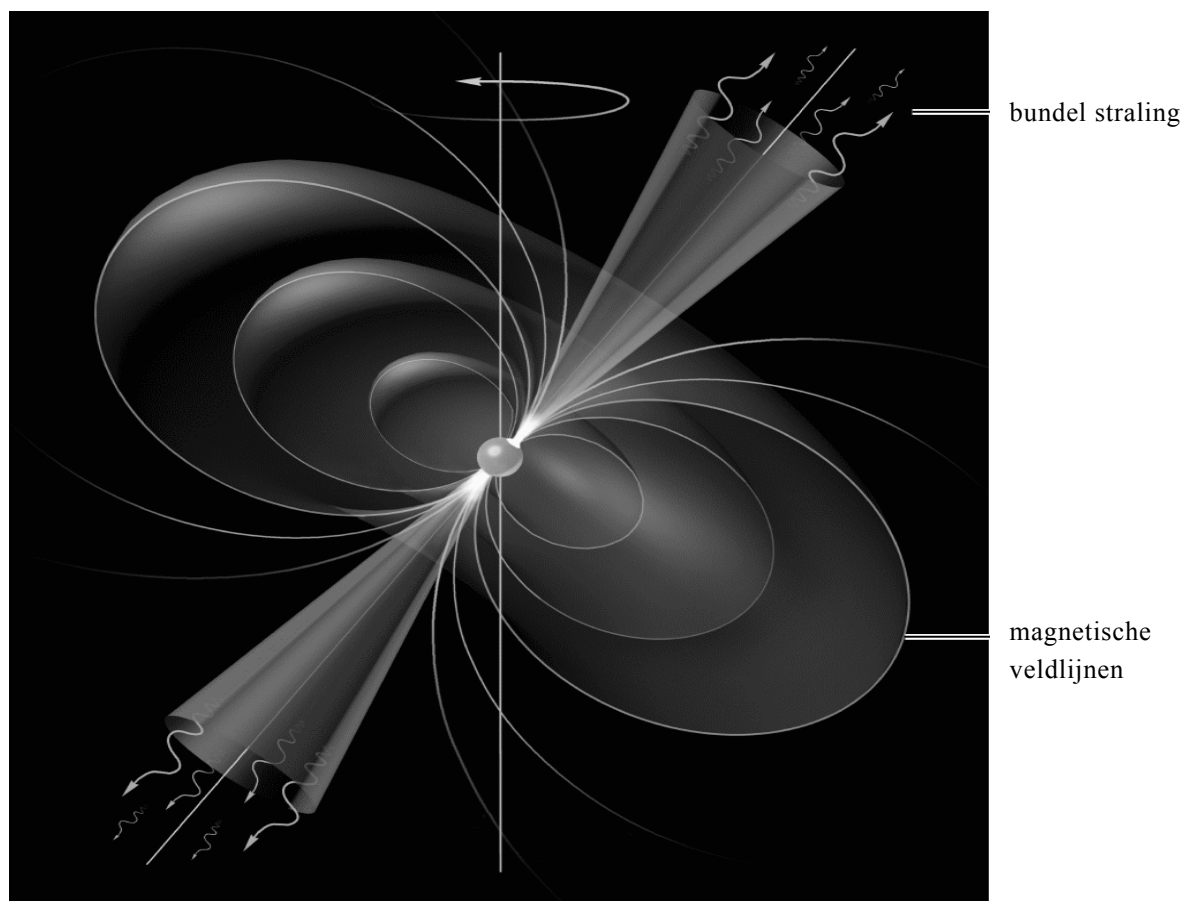


### Opgave 3 Vuurtorens in de ruimte

Een pulsar ontstaat als een zware ster aan het eind van zijn leven met een supernova-explosie uit elkaar spat. Het binnenste gedeelte blijft over en stort onder zijn eigen gewicht in elkaar. Een pulsar bestaat daardoor uit een compacte bal die vanuit zijn twee magnetische polen continu intense bundels straling uitzendt. Deze straling bestaat uit elektromagnetische straling en uit snelle geladen deeltjes. Zie figuur 1.

figuur 1



- 3p 10 Leg uit waarom alleen bij de magnetische polen geladen deeltjes kunnen ontsnappen.

Een pulsar draait tientallen keren per seconde om zijn as. Omdat de magnetische polen niet op de draaias liggen, zwiepen de bundels als vuurtorenbundels door de ruimte. Elke keer als zo'n bundel op de aarde valt, nemen astronomen op de aarde een puls waar: vandaar de naam *pulsar*.

Men schat dat er meer dan een kwart miljoen pulsars in ons melkwegstelsel zijn. Ondanks het feit dat de detectoren op aarde gevoelig genoeg zijn om de straling van een pulsar te meten, is op aarde slechts een klein deel van die pulsars waar te nemen.

- 1p 11 Geef de reden hiervoor.

Na het ineenstorten van de oorspronkelijke ster zijn er geen atomen meer: een pulsar bestaat uitsluitend uit neutronen en is dus een neutronenster.

2p **12** Geef de reactievergelijking voor de vorming van een neutron.

In 1967 ontdekten wetenschappers één van de eerste pulsars in de Krabnevel. Men schat dat de massa van die waargenomen pulsar 1,4 keer zo groot is als de massa van de zon. Met een modelberekening is de straal van de pulsar te berekenen. In dat model zien we een neutron als een bolletje met een straal van  $1,25 \cdot 10^{-15}$  m. Bovendien gaan we ervan uit dat de dichtheid van het pulsarmateriaal even groot is als de dichtheid van een neutron. Op basis van deze schattingen en aannamen volgt dat de straal van de pulsar 15 km is.

4p **13** Laat dat met een berekening zien. Gebruik daarbij dat voor het volume van een bol geldt:  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ .

Van de ontdekte pulsar ontving men 30 keer per seconde een signaal.

3p **14** Bereken hiermee de baansnelheid van de evenaar van deze pulsar.

De 'kritische snelheid' van een pulsar is de baansnelheid van de evenaar waarbij de gravitatiekracht gelijk is aan benodigde middelpuntzoekende kracht. Als de baansnelheid van de evenaar groter is dan de kritische snelheid, vliegt de pulsar uit elkaar.

4p **15** Bereken de kritische snelheid van deze pulsar uitgedrukt in de lichtsnelheid.

Omdat de Krabnevel beweegt ten opzichte van de aarde met een snelheid van  $1,5 \cdot 10^6$  ms<sup>-1</sup>, treedt het dopplereffect in het spectrum van de Krabnevel op. In een deel van de Krabnevel neemt men een waterstoflijn waar die een golflengte heeft van 653 nm.

4p **16** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de dopplerverschuiving in de golflengte  $\Delta\lambda$ . Omdat de dopplerverschuiving relatief klein is, mag in de formule de waargenomen waarde van de golflengte ingevuld worden.
- Ga na om welke lijn in het waterstofspectrum in tabel 21 van Binas het gaat.
- Beredeneer of dit deel van de Krabnevel naar de aarde toe beweegt of van de aarde af.