

Opgave 3 Vuurtorens in de ruimte

10 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

Op andere plaatsen dan de magnetische polen staan (componenten van) de magnetische veldlijnen loodrecht op de bewegingsrichting van de geladen deeltjes. Daardoor werkt er een lorentzkracht loodrecht op de bewegingsrichting van de geladen deeltjes, waardoor deze afgebogen worden terug naar de pulsar.

- inzicht dat op andere plaatsen dan de magnetische polen (componenten van) de magnetische veldlijnen loodrecht op de bewegingsrichting van de geladen deeltjes staan 1
- inzicht dat er een lorentzkracht optreedt loodrecht op de bewegingsrichting 1
- completeren van de uitleg 1

11 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

De richting van de pulsarbundels is willekeurig, waardoor slechts enkele de aarde bestrijken en de meeste de aarde zullen “missen”.

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Een proton en een elektron vormen samen een neutron volgens deze reactievergelijking: ${}_1^1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_0^1\text{n} (+\nu_e)$ of $\text{p} + \beta^- \rightarrow \text{n} (+\nu_e)$

- proton en elektron in juiste notatie voor de pijl 1
- neutron in de juiste notatie na de pijl 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

13 maximumscore 4

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $\rho = \frac{m}{V} \propto \frac{m}{r^3}$. Omdat de dichtheid van de pulsar gelijk is aan de

dichtheid van een neutron geldt: $\frac{m_{\text{pulsar}}}{r_{\text{pulsar}}^3} = \frac{m_{\text{neutron}}}{r_{\text{neutron}}^3}$.

Invullen levert: $\frac{1,4 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{r_{\text{pulsar}}^3} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{(1,25 \cdot 10^{-15})^3} \rightarrow r_{\text{pulsar}} = 14,8 \text{ km}$.

- gebruik van $\rho = \frac{m}{V}$ 1
- opzoeken van de massa van een neutron en de massa van de zon 1
- gelijkstellen van de dichtheid van een neutron aan die van een pulsar, met gebruikmaking van $V \propto r^3$ of $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ 1
- completeren van de berekening 1

14 maximumscore 3

uitkomst: $v = 2,8 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

$v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow v = \frac{2\pi \cdot 15 \cdot 10^3}{33,3 \cdot 10^{-3}} \rightarrow v = 2,8 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$.

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ of $v = 2\pi r f$ 1
- inzicht dat $f = 30 \text{ Hz} / T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30} \text{ s}$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

15 maximumscore 4

uitkomst: $v = 0,37c$

voorbeeld van een berekening:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2,8 \cdot 10^{30}}{15 \cdot 10^3}} = 1,12 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} = 0,37c$$

- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ en van $F_G = \frac{GmM}{r^2}$ 1
- inzicht dat m wegvalt 1
- inzicht dat gedeeld moet worden door c en opzoeken van c 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Wanneer de kandidaat dezelfde foutieve massa voor de pulsar gebruikt als bij vraag 13: geen aftrek.

16 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de dopplerverschuiving geldt:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \rightarrow \frac{\Delta\lambda}{653} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{3,0 \cdot 10^8} \rightarrow \Delta\lambda = 3,3 \text{ nm}.$$

Dus voor de waarde van de golflengte zonder dopplerverschuiving geldt:

$\lambda = 650 \text{ nm}$ of $\lambda = 656 \text{ nm}$.

De laatste waarde komt overeen met de overgang van $n = 3$ naar $n = 2$ uit tabel 21 van BINAS. Omdat de golflengte van de waargenomen waterstof kleiner is dan de normale waterstoflijn, is er sprake van blauwverschuiving: dit gedeelte van de nevel beweegt naar ons toe.

- gebruik van $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$ 1
- berekening van de minimale en maximale waarde van λ 1
- aangeven van de juiste lijn in het waterstofspectrum 1
- completeren van het antwoord 1