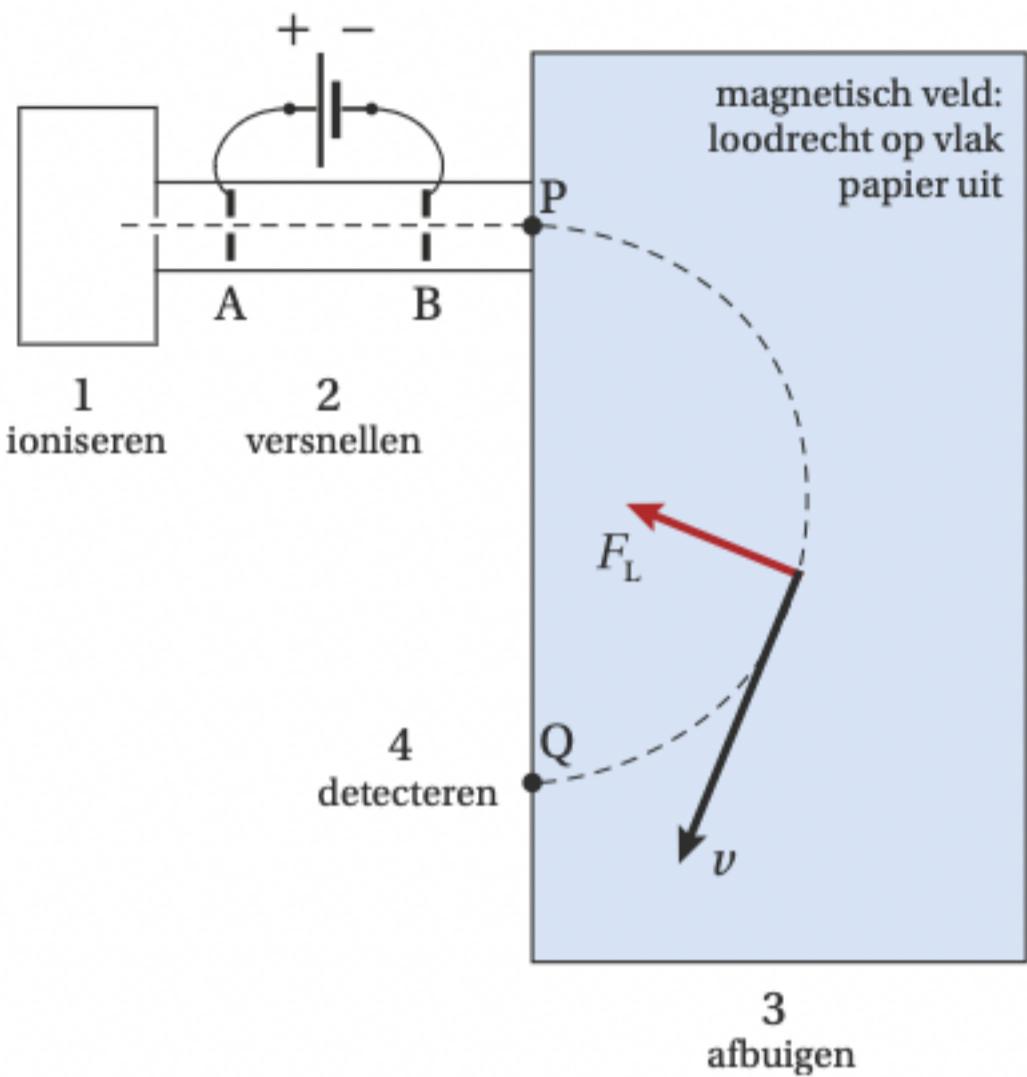


► hulpblad 27 Met een massaspectrometer kan de samenstelling van stoffen worden geanalyseerd.

In figuur 10.69 zijn de belangrijkste onderdelen getekend. Allereerst worden de deeltjes van een stof geïoniseerd. Dit gebeurt in de ionisatieruimte (1). De ionen worden vervolgens in een elektrisch veld versneld. Dit gebeurt in een vacuümruimte (2). Daarna komen de ionen in een afbuigruimte met een magnetisch veld (3). Het magnetisch veld staat loodrecht op de baan van de ionen. In figuur 10.69 leggen de ionen een halve cirkel af voordat ze worden gedetecteerd. De afstand PQ is de diameter van de gevuldde cirkelbaan.



Figuur 10.69

In de ionisatieruimte van figuur 10.69 worden loodatomen geïoniseerd tot eenwaardige ionen. De ionen komen met verwaarloosbare snelheid de vacuümruimte binnen. Daar worden ze versneld door een spanning van 600 V. De magnetische inductie in de afbuigruimte is 1,8 T.

Isotopen van lood hebben een verschillende massa. De massa van een van die isotopen is $3,446 \cdot 10^{-25}$ kg.

a Toon aan dat die ionen met een snelheid van $2,36 \cdot 10^4$ m s⁻¹ de afbuigruimte binnenkomen.

b Toon aan dat afstand PQ voor die isotopen gelijk is aan 5,6 cm.

c Leid af dat geldt: $d = \frac{4U_{AB}}{B \cdot v}$. Hierin is d de afstand PQ.

Voor isotopen met een grotere massa is de afstand PQ niet meer gelijk aan 5,6 cm.

d Bereken of de afstand PQ voor deze isotopen groter of kleiner is dan 5,6 cm.

In de ionisatieruimte kunnen ook loodionen met lading 2+ ontstaan.

e Bereken of de afstand PQ voor deze ionen groter, kleiner of gelijk is aan 5,6 cm.

Opgave 27

- a De snelheid bereken je met de formule voor kinetische energie.
De verandering in kinetische energie bereken je met de verandering van de elektrische energie.

$$\Delta E_k = q \cdot U$$

$$q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$U = 600 \text{ V}$$

Invullen levert: $\Delta E_k = 1,602 \cdot 10^{-19} \times 600 = 9,612 \cdot 10^{-17} \text{ J}$.

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{end}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

ΔE_k is positief omdat de snelheid toeneemt.

$$m = 3,446 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

$$v_{\text{begin}} = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert: } 9,612 \cdot 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 3,446 \cdot 10^{-25} \cdot v_{\text{end}}^2 - 0.$$

$$v_{\text{end}} = 2,362 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{end}} = 2,36 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}.$$

- b De afstand PQ bereken je met de straal van de cirkel.
De straal van de cirkel bereken je met de formules voor de lorentzkracht en de middelpuntzoekende kracht.

De lorentzkracht op een geladen deeltje is gelijk aan de middelpuntzoekende kracht.

$$F_L = F_{\text{mpz}}$$

$$B \cdot q \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$B = 1,8 \text{ T}$$

$$q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

$$v = 2,36 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

$$m = 3,446 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

$$1,8 \times 1,602 \cdot 10^{-19} \times 2,36 \cdot 10^4 = \frac{3,446 \cdot 10^{-25} \times (2,36 \cdot 10^4)^2}{r}$$

$$\text{Dus } r = 2,82 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

$$r = \frac{1}{2} d$$

$$\text{Dus afstand PQ is afgerond 5,6 cm.}$$

- c De gegeven formule leid je af met de formules gebruikt bij vraag a en vraag b.

$$\text{Uit vraag a blijkt } q \cdot U_{AB} = \frac{1}{2} m \cdot v^2.$$

$$\text{Hieruit volgt } 2q \cdot U_{AB} = m \cdot v^2.$$

$$\text{Uit vraag b volgt } B \cdot q \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r}.$$

$$\text{Combineren van de twee formules levert } B \cdot q \cdot v = \frac{2q \cdot U_{AB}}{r}.$$

$$\text{Hieruit volgt } r = \frac{2U_{AB}}{B \cdot v}.$$

Voor de afstand PQ geldt $d = 2r$.

$$d = \frac{4U_{AB}}{B \cdot v}$$

- d Als de massa groter is en de lading en spanning blijven gelijk, dan is volgens de formule $q \cdot U_{AB} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ de snelheid v kleiner.

In de formule $d = \frac{4U_{AB}}{B \cdot v}$ blijven U_{AB} en B hetzelfde. Omdat v kleiner is, is d dus groter.

- e Als de lading twee keer zo groot is en de spanning en de massa blijven gelijk, dan is volgens de formule $q \cdot U_{AB} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ de snelheid v groter.

In de formule $d = \frac{4U_{AB}}{B \cdot v}$ blijven U_{AB} en B hetzelfde. Omdat v groter is, is d dus kleiner.