

Opgaven

Opgave: Massaspectrometer

a) $q \cdot U = \Delta E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

$$\Rightarrow 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot U = \frac{1}{2} \cdot (20 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}) \cdot (5,0 \cdot 10^4)^2$$

$$\Rightarrow U = 2,59107 \cdot 10^2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U = 2,6 \cdot 10^2 \text{ V}$$

- b) In horizontale richting werkt geen enkele kracht, dus is de beweging in die richting eenparig rechtlijnig. In verticale richting werken de elektrische kracht en een verwaarloosbaar kleine zwaartekracht, dus is de beweging eenparig versneld. Deze combinatie levert een parabolbaan (Zie document "20 Beweging" blz. 17).

c) $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

* $v_x = 5,0 \cdot 10^4 \text{ m/s}$

* v_y : Er geldt: 1) $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

2) $v = a \cdot t$

3) $a = \text{constant}$

$$\Rightarrow 1) s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

2) $v = a \cdot t$

3) a: Er geldt: 1) $F_r = m \cdot a$

2) $F_r = F_e$

* $F_e = q \cdot E$

$$* E = \frac{U_1}{\Delta y} = \frac{86}{2,0 \cdot 10^{-2}} = 4,3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

$$\Rightarrow F_e = 6,8894 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_r = 6,8894 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow (20 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}) \cdot a = 6,8894 \cdot 10^{-16}$$

$$\Rightarrow a = 2,0744 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow 1) s = \frac{1}{2} \cdot 2,0744 \cdot 10^{10} \cdot t^2$$

2) $v = 2,0744 \cdot 10^{10} \cdot t$

3) $a = 2,0744 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$

Bereken t: Horizontaal geldt: 1) $s = v \cdot t$

2) $v = \text{constant}$

3) $a = 0 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow 1) 5,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^4 \cdot t$$

$$\Rightarrow t = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

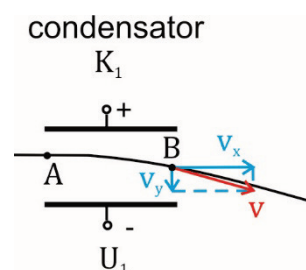
$$\Rightarrow 1) s = \frac{1}{2} \cdot 2,0744 \cdot 10^{10} \cdot (1,00 \cdot 10^{-6})^2$$

2) $v_y = 2,0744 \cdot 10^{10} \cdot 1,00 \cdot 10^{-6} = 2,0744 \cdot 10^4 \text{ m/s}$

3) $a = 2,0744 \cdot 10^{10} \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow v = \sqrt{(5,0 \cdot 10^4)^2 + (2,0744 \cdot 10^4)^2} = 5,4132 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v = 5,4 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

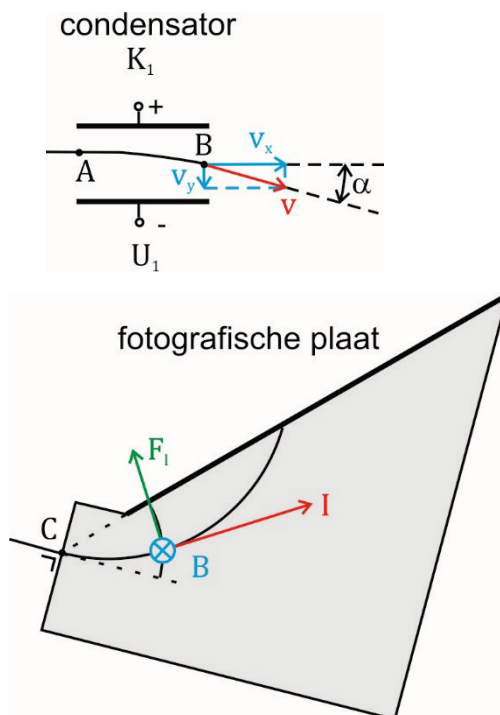


- d) Voor de hoek α zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding geldt:

$$\tan(\alpha) = \frac{v_y}{v_x} = \frac{2,0744 \cdot 10^4}{5,0 \cdot 10^4} = 0,41488$$

$$\Rightarrow \alpha = 22,53 = 23^\circ$$

- e) In het magneetveld beschrijven de ionen een cirkelbaan. De lorentzkracht doet dienst als middelpuntzoekende kracht. Het zijn positief geladen ionen dus de richting van de stroomsterkte is dezelfde richting als die van de snelheid. Uit de linkerhandregel volgt dan dat het magneetveld naar beneden is gericht. Zie nevenstaande afbeelding.
- f) De enige kracht die in het magneetveld op de ionen werkt is de lorentzkracht. Deze kracht is altijd loodrecht op de baan gericht *en is constant wat betreft grootte*. Als aan deze *beide* voorwaarden is voldaan ontstaat een cirkelbaan.



Let op! Als de lorentzkracht niet constant zou zijn wat betreft grootte zou er een spiraalbaan ontstaan.

- g) De ionen beschrijven een cirkelbaan met straal r . De gevraagde afstand is de diagonaal van het vierkant met ribbe r dat gevormd wordt zoals aangegeven in nevenstaande afbeelding.

$$\text{Er geldt: } |CD| = \sqrt{r^2 + r^2} = 1,414 \cdot r$$

$$* r: \quad 1) F_r = F_{\text{mpz}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$2) F_r = F_l = B \cdot q \cdot v$$

$$* B = 0,10 \text{ T}$$

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

$$* v = 5,4 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

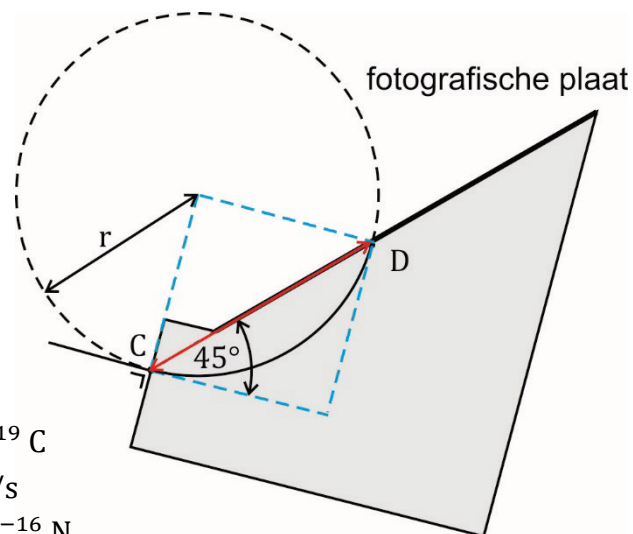
$$\Rightarrow F_l = 8,6518 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_r = 8,6518 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{(20 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}) \cdot (5,4 \cdot 10^4)^2}{r} = 8,6518 \cdot 10^{-16}$$

$$\Rightarrow r = 0,1119 \text{ m}$$

$$\Rightarrow |CD| = 0,1582 = 0,16 \text{ m}$$



- h) De langzamere ionen hebben een langere verblijftijd in het elektrisch veld. Daar het elektrisch veld voor de afbuiging zorgt, zal deze afbuiging dus sterker zijn. Of op basis van massastraagheid. Een voorwerp met een kleinere snelheid is gemakkelijker van richting te veranderen.

i) Met een snelheid van $4,8 \cdot 10^4$ m/s bedraagt de straal slechts 9,9 cm.

$$1) F_r = F_{\text{mpz}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$2) F_r = F_l = B \cdot q \cdot v$$

$$* B = 0,10 \text{ T}$$

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

$$* v = 4,8 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow F_l = 7,690 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_r = 7,690 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{(20 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27}) \cdot (4,8 \cdot 10^4)^2}{r} = 7,690 \cdot 10^{-16}$$

$$\Rightarrow r = 0,099497 \text{ m} = 9,9 \text{ cm}$$

De afstand CC^* bedraagt 1,6 cm.

In de tekening moet de straal van de baan dus 6,2 keer zo groot zijn als de afstand CC^* . Het middelpunt van de cirkelbaan is te vinden zoals aangegeven in onderstaande afbeeldingen.

