

## Opgaven

### Opgave: *Baan van een proton*

a)  $U \equiv W$  op een lading van  $+1\text{ C}$

$$W = F_e \cdot s$$

$$* F_e = 8,0 \cdot 10^{-15}\text{ N}$$

$$* s = 5,0 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$\Rightarrow W = 4,0 \cdot 10^{-16}\text{ J op een lading van } 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$$

$$\Rightarrow W = \frac{4,0 \cdot 10^{-16}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 2,4966 \cdot 10^3\text{ J op een lading van } +1\text{ C}$$

$$\Rightarrow U = 2,5 \cdot 10^3\text{ V}$$

Of volledig met formules.

$$F_e = q \cdot \frac{U}{d}$$

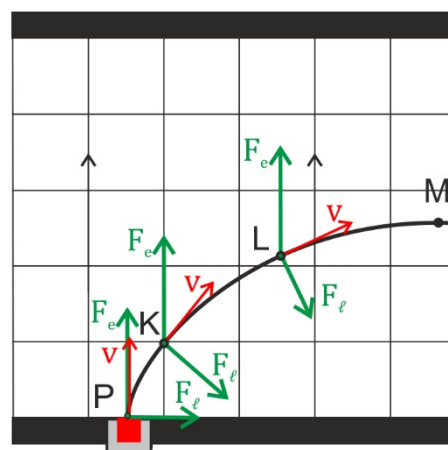
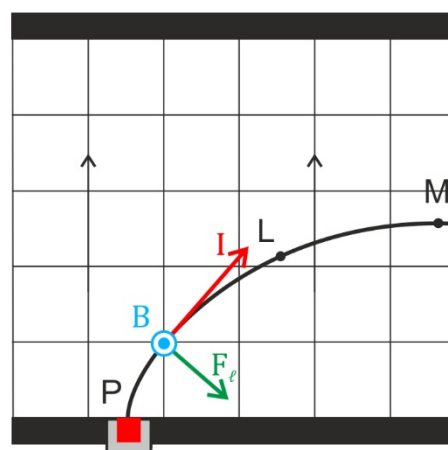
$$* F_e = 8,0 \cdot 10^{-15}\text{ N}$$

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

$$* d = 5,0 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$\Rightarrow U = 2,5 \cdot 10^3\text{ V}$$

- b) Protonen zijn positieve deeltjes en dus is de richting van de stroomsterkte gelijk aan de richting van de snelheid. De lorentzkracht die de protonen ondervinden staat loodrecht op de baan. Met de linkerhandregel volgt dan de richting van de magnetische inductie zoals weergegeven in nevenstaande afbeelding.
- c) De enige krachten die op de protonen werken zijn de elektrische kracht en de lorentzkracht. De zwaartekracht is verwaarloosbaar klein vergeleken met deze twee krachten. De lorentzkracht staat voortdurend loodrecht op de baan en de elektrische kracht staat voortdurend verticaal gericht. Zie nevenstaande afbeelding. Dit betekent dat de elektrische kracht de enige kracht is die van invloed is op de grootte van de snelheid. De lorentzkracht is alleen van invloed op de richting. De kinetische energie neemt dus uitsluitend toe doordat de elektrische kracht arbeid verricht.



$$\Delta E_k = W_{F_e} = F_e \cdot s$$

$$* F_e = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

$$* s = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Denk eraan,  $F$  moeten  $s$  evenwijdig zijn dus

ofwel  $F_e$  ontbinden langs de baan, of de baan ontbinden langs  $F_e$ .

$$\Rightarrow \Delta E_k = 8,0 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 8,0 \cdot 10^{-17}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 1,67262 \cdot 10^{-27} \cdot v^2 = 8,0 \cdot 10^{-17}$$

$$\Rightarrow v = 3,0929 \cdot 10^5 = 3,1 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

- d) Zoals reeds bij eerdere onderdelen gezegd is de snelheid van de protonen evenwijdig aan de baan. Met andere woorden de snelheid is een raakvector aan de baan in punt L. Zie nevenstaande afbeelding.

e)  $\vec{F}_r = \vec{F}_e + \vec{F}_\ell$

$$* F_e = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_e \hat{=} \frac{8,0 \cdot 10^{-15}}{4 \cdot 10^{-15}} = 2,0 \text{ cm}$$

$$* F_\ell = B \cdot q \cdot v$$

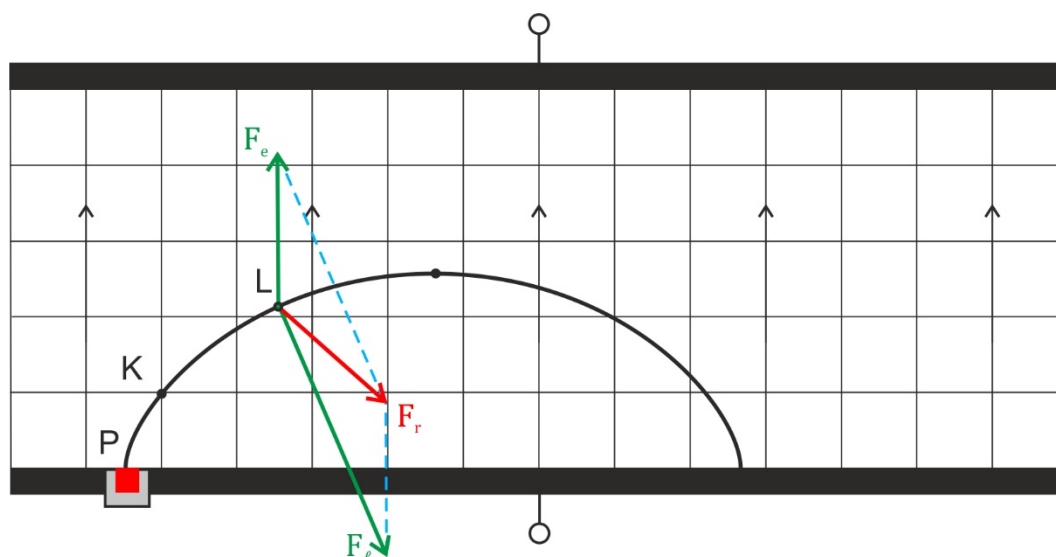
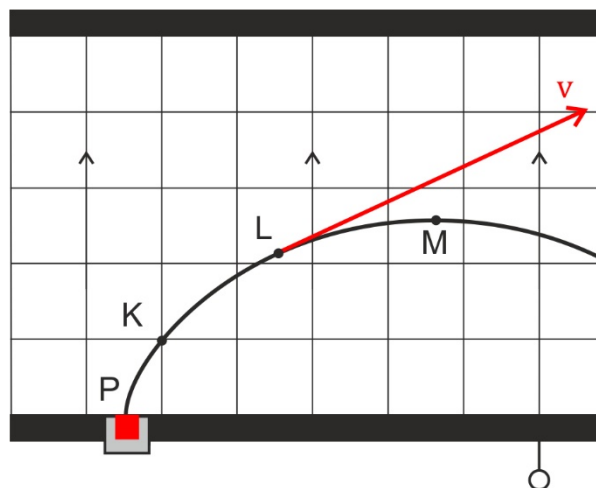
$$* B = 0,200 \text{ T}$$

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

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

$$\Rightarrow F_\ell = 1,442 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_\ell \hat{=} \frac{1,442 \cdot 10^{-14}}{4 \cdot 10^{-15}} = 3,6 \text{ cm}$$



f) Er geldt (zie BiNaS tabel 4):

$$* T = \frac{Wb}{m^2} = \frac{Vs}{m^2}$$

$$* N = \frac{kg \cdot m}{s^2} \quad \text{op basis van } F = m \cdot a$$

$$* V = \frac{J}{C}$$

$$* J = N \cdot m \quad \text{op basis van } W = F \cdot s$$

$$y = \frac{2 \cdot E \cdot m}{q \cdot B^2}$$

$$\Rightarrow [y] = \frac{\left(\frac{V}{m}\right) \cdot kg}{C \cdot T^2} = \frac{V \cdot kg}{C \cdot m \cdot \left(\frac{Vs}{m^2}\right)^2} = \frac{V \cdot kg \cdot m^3}{C \cdot V^2 \cdot s^2} = \frac{V \cdot kg \cdot m^3}{C \cdot V^2 \cdot s^2} = \frac{V \cdot N \cdot m^2}{C \cdot V^2} = \frac{N \cdot m^2}{C \cdot V}$$

$$\Rightarrow [y] = \frac{N \cdot m^2}{C \cdot V} = \frac{N \cdot m^2}{C \cdot \left(\frac{J}{C}\right)} = \frac{N \cdot m \cdot m}{J} = \frac{J \cdot m}{J} = m$$

g) Er geldt:

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

$$2) F_r = F_\ell - F_e$$

$$* F_\ell = B \cdot q \cdot v$$

$$* B = 0,200 \text{ T}$$

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

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

$$\Rightarrow F_\ell = 1,602 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

$$* F_e = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow F_r = 8,02 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{1,67262 \cdot 10^{-27} \cdot (5,0 \cdot 10^5)^2}{r} = 8,02 \cdot 10^{-15}$$

$$\Rightarrow r = 5,21 \cdot 10^{-2} = 5,2 \text{ cm}$$

De baan van een deeltje in een elektromagnetisch veld wordt geïllustreerd in de applet onder nevenstaande link: [link naar applet](#) <sup>1)</sup>.

De standaardinstellingen van deze applet resulteren in een soortgelijke baan als in deze opgave.

