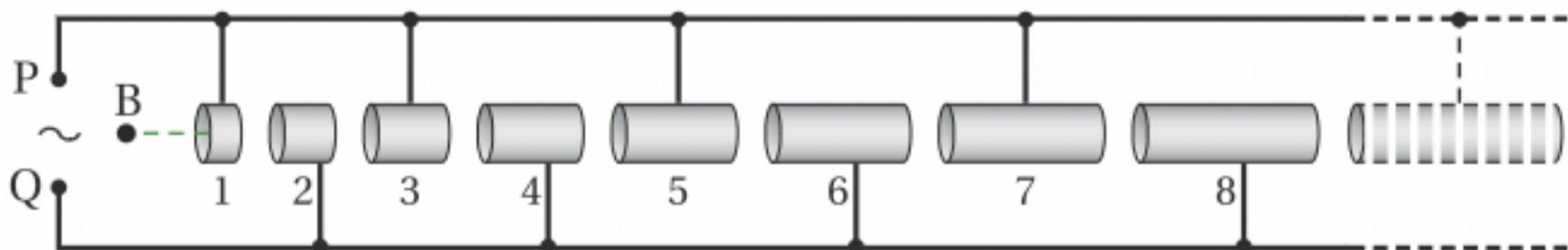


- **tekenblad** 16 In figuur 10.24 zie je een schematische lineaire versneller. B is een bron die protonen uitzendt. P en Q zijn de aansluitpunten van een wisselspanningsbron.



Figuur 10.24

In figuur 10.25 is het verloop van de spanning U_{PQ} als functie van de tijd weergegeven. Hierbij is U_{PQ} de spanning van P ten opzichte van Q. De frequentie van de wisselspanning is constant. Op tijdstip t_1 bevindt zich een proton midden tussen de eerste en de tweede buis.

- a Toon met behulp van figuur 10.24 en 10.25 aan dat het proton tijdens de oversteek van de tweede naar de derde buis wordt versneld.

Dit proton wordt tijdens elke oversteek versneld. Daarbij doorloopt het steeds een (gemiddeld) even grote spanning.

- b Geef in figuur 10.25 het tijdstip t_2 aan waarop het proton zich midden tussen de tweede en de derde buis bevindt. Geef ook het tijdstip t_3 aan waarop het proton zich midden tussen de derde en de vierde buis bevindt.
- c Leg uit waarom opeenvolgende buizen steeds langer moeten zijn.

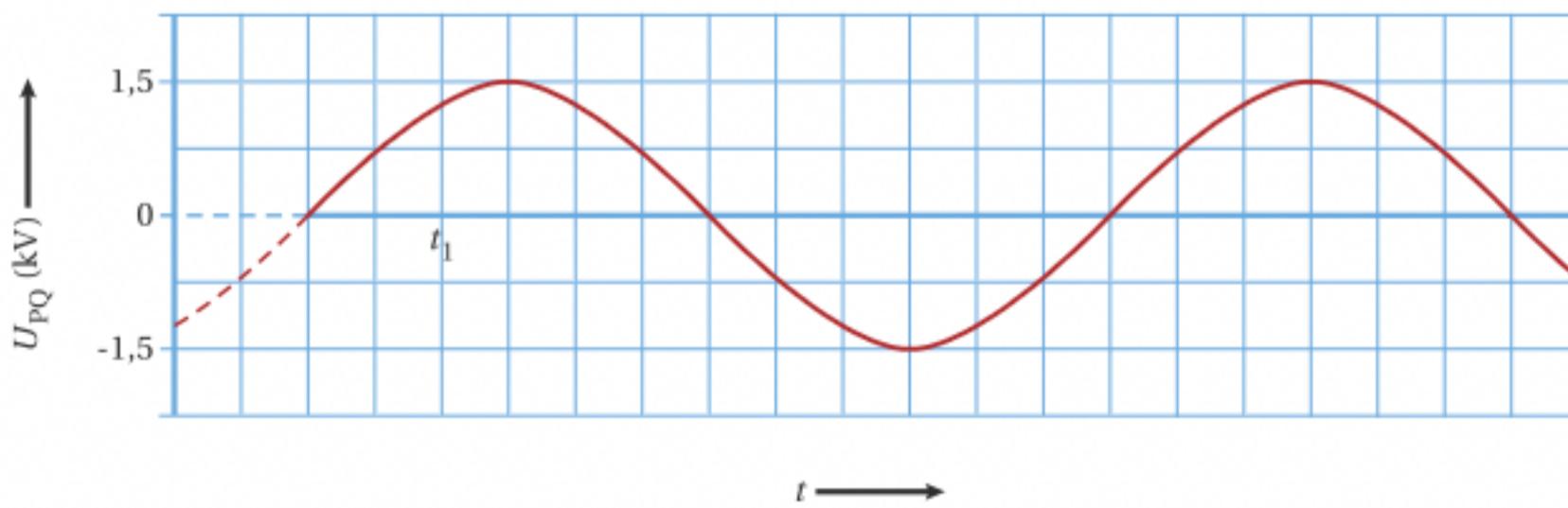
Tijdens elke oversteek doorloopt het proton een spanning van gemiddeld 1,3 kV.

Neem aan dat het proton de eerste buis verlaat met een te verwaarlozen snelheid.

- d Toon aan dat de snelheid waarmee het proton de vijfde buis doorloopt gelijk is aan $1 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$.

De wisselspanning heeft een frequentie van 2,0 MHz.

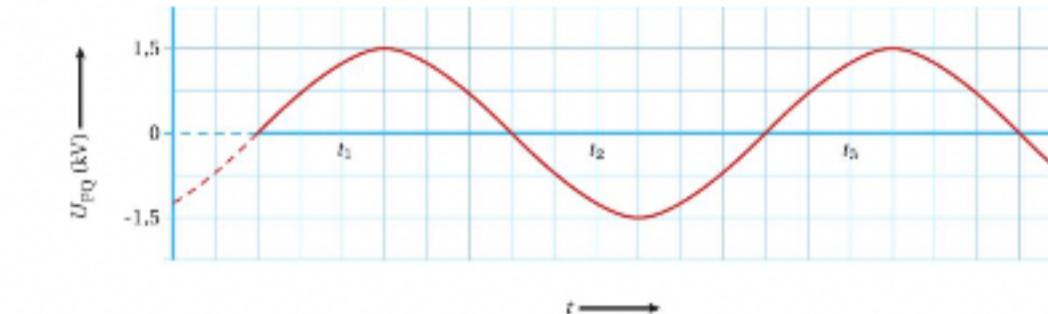
- e Bereken hoe lang de vijfde buis maximaal kan zijn.



Figuur 10.25

Opgave 16

- a Volgens figuur 10.25 van het boek is op t_1 de spanning van P ten opzichte van Q positief. Volgens figuur 10.24 is buis 1 dus positief ten opzichte van buis 2. Het proton is positief geladen. Dus het proton wordt afgestoten door de eerste buis en aangetrokken door de tweede buis. Wanneer het proton zich tussen de tweede en de derde buis bevindt, is de spanning tussen P en Q omgekeerd, dus wordt het proton ook tussen de tweede en de derde buis versneld.
- b Tussen buis 2 en buis 3 is de spanning U_{PQ} juist negatief. Tussen buis 3 en buis 4 is de spanning U_{PQ} weer positief. Zie figuur 10.9.



Figuur 10.9

- c De protonen worden versneld en bewegen met steeds grotere snelheid. Tijdens het verblijf in een buis wordt de spanning tussen P en Q omgedraaid. Het proton moet dezelfde tijd doorbrengen in de buis. Bij een grotere snelheid leggen de protonen dus in dezelfde tijd een grotere afstand af. Dus de opeenvolgende buizen moeten steeds langer zijn.
- d De snelheid bereken je met de formule voor kinetische energie. De verandering in kinetische energie bereken je met de verandering in elektrische energie. De spanning tussen buis 1 en buis 5 bereken je met het aantal oversteken.

Als het proton zich bevindt in de vijfde buis, is het vier keer tussen twee buizen overgestoken.
 $U = 4 \times 1,3 \text{ kV} = 5,2 \text{ kV}$

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

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

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

$$\Delta E_k = 1,602 \cdot 10^{-19} \times 5,2 \cdot 10^3$$

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

ΔE_k is positief omdat de snelheid toeneemt.
 $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $v_{\text{begin}} = 0 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{Invullen levert: } 8,33 \cdot 10^{-16} = \frac{1}{2} \times 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot v_{\text{end}}^2 - 0$$

$$v_{\text{end}} = 9,988 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v_{\text{end}} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$.

- e De lengte van de buis bereken je met de formule voor de snelheid. De tijd is de verblijftijd in een buis. De verblijftijd in de buis volgt uit de tijd die nodig is voor het ompolen. De tijd nodig voor het ompolen bereken je met de frequentie.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 2,0 \text{ MHz} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{Invullen levert: } 2,0 \cdot 10^6 = \frac{1}{T}$$

$$T = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

De helft van de tijd is P positief en Q negatief. De andere helft omgekeerd. De verblijftijd in de buis duurt dus een halve periode.
 $t = 0,5T = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ s}$

$$s = v \cdot t$$

Invullen levert: $s = 1,0 \cdot 10^6 \times 2,5 \cdot 10^{-7} = 0,25 \text{ m}$.
 De lengte van de buis is 0,25 m.