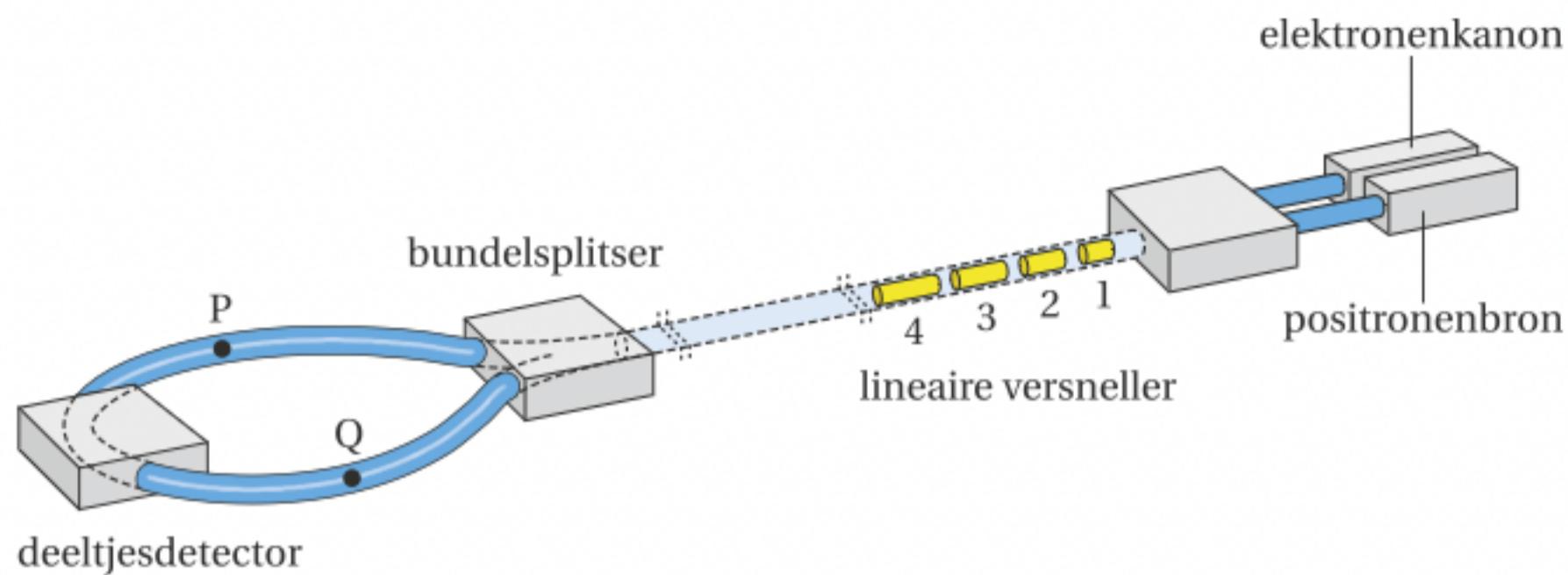


26 In de Verenigde Staten staat een versneller waarmee elementaire deeltjes geproduceerd worden door elektronen en positronen op elkaar te laten botsen. De deeltjes worden versneld in de opstelling van figuur 27.



Figuur 27

In het elektronenkanon worden de elektronen versneld in een elektrisch veld. Ze verlaten dit veld met een snelheid van  $2,4 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$ .

a Bereken de versnelspanning.

Door het elektronenkanon met een bepaalde frequentie aan en uit te schakelen, komen de elektronen in groepjes de lineaire versneller binnen. Ook de positronen komen in groepjes de lineaire versneller binnen met de snelheid van  $2,4 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$ . Om en om beweegt zo een groepje elektronen en een groepje positronen.

In figuur 27 is de nummering van de eerste vier cilinders aangegeven. De cilinders met een even nummer zijn op het ene aansluitpunt van een spanningsbron aangesloten, die met een oneven nummer op het andere aansluitpunt.

b Leg uit of deze spanningsbron een wisselspanningsbron of een gelijkspanningsbron is.

De elektronen en positronen komen met een even grote snelheid de bundelsplitser binnen. Ze worden hier door een magnetisch veld van elkaar gescheiden. Daarna worden beide soorten deeltjes afzonderlijk door middel van magnetische velden naar een plaats binnen de deeltjesdetector geleid, waar ze botsen.

c Beredeneer of de magnetische velden bij P en Q gelijk gericht zijn of juist tegengesteld gericht zijn aan elkaar.

Bij de botsing van een positron en een elektron kan een  $Z^0$ -vectorboson ontstaan.

d Bereken hoe groot de energie van een botsend elektron minimaal is geweest als een  $Z^0$ -vectorboson ontstaat. Geef je uitkomst in twee significante cijfers.

**Opgave 26**

- a De versnelspanning bereken je met de formule voor de elektrische energie. De afname van de elektrische energie bereken je met de formule voor kinetische energie in een elektrisch veld.

$$\Delta E_k = -\Delta E_{el}$$

$$\frac{1}{2}m \cdot v_{cind}^2 - \frac{1}{2}m \cdot v_{begin}^2 = -E_{el}$$

$$m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v_{cind} = 2,4 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$\frac{1}{2} \times 9,109 \cdot 10^{-31} \times (2,4 \cdot 10^7)^2 - 0 = -\Delta E_{el}$$

$$\Delta E_{el} = -2,623 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$\Delta E_{el} = q \cdot U$$

$$\Delta E_{el} = -2,623 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

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

$$-2,623 \cdot 10^{-16} = -1,602 \cdot 10^{-19} \cdot U$$

$$U = 1,637 \cdot 10^3 \text{ V}$$

Afgerond:  $1,6 \cdot 10^3 \text{ V}$ .

- b Het kan geen gelijkspanningsbron zijn. Wordt een geladen deeltje tussen cilinder 1 en 2 versneld, dan zou het bij een gelijkspanningsbron tussen cilinder 2 en 3 weer vertraagd worden.

- c De ladingen in P en Q zijn tegengesteld, de richtingen van de snelheden zijn gelijk. Dus de richting van de stroomsterkte in punt P is tegengesteld aan die in punt Q. De lorentzkrachten zijn gericht naar het middelpunt van de cirkel. Dus de lorentzkrachten zijn tegengesteld gericht.

Dus moeten volgens de FBI-regel de magneetvelden bij P en Q gelijk gericht zijn.

- d Er geldt:  $m_{elektron} \cdot c^2 + E_{k,elektron} + m_{positron} \cdot c^2 + E_{k,positron} \geq m_{Z^0} \cdot c^2$
- Volgens BINAS tabel 26B komt de massa van een  $Z^0$ -vectorboson overeen met  $93 \text{ GeV c}^{-2}$ . Volgens BINAS tabel 26A komt de massa van een elektron en dus ook van een positron overeen met  $0,511 \text{ MeV c}^{-2} = 0,511 \cdot 10^{-3} \text{ GeV c}^{-2}$ .

Omdat  $E_{k,elektron} = E_{k,positron}$  ontstaat dus:

$$2 E_{k,elektron} + 2 \times 0,511 \cdot 10^{-3} \geq 93$$

$$E_{k,elektron} \geq 46,499 \text{ GeV c}^{-2}$$

Afgerond:  $46 \text{ GeV c}^{-2}$ .