

- 12 In een röntgenbuis komen elektronen vrij door de kathode te verhitten. Die elektronen worden versneld van de kathode naar de anode. De spanning tussen de anode en de kathode is 20 kV. Neem aan dat de elektronen bij de kathode een te verwaarlozen snelheid hebben.
- a Bereken de snelheid waarmee de elektronen de anode treffen.
- De röntgenbuis gebruikt een vermogen van 10,0 kW. Het vermogen dat nodig is om de kathode te verhitten is te verwaarlozen.
- b Bereken hoeveel elektronen per seconde van de kathode naar de anode gaan. Het rendement van de röntgenbuis is slechts 1,0%. Dat wil zeggen dat slechts 1,0% van het elektrisch vermogen wordt omgezet in röntgenstraling en de rest in warmte. De anode wordt daarom gekoeld met koelwater van 20 °C. Het koelwater verlaat de buis met een temperatuur van 80 °C.
- c Bereken hoeveel kg koelwater per seconde langs de anode stroomt.

Opgave 12

- 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.

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

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

$$U = 20 \text{ kV} = 20 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } \Delta E_k = 1,602 \cdot 10^{-19} \times 20 \cdot 10^3 = 3,204 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

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

ΔE_k is positief omdat de snelheid toeneemt.

$$m = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

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

$$\text{Invullen levert: } 3,204 \cdot 10^{-15} = \frac{1}{2} \times 9,109 \cdot 10^{-31} \cdot v_{\text{eind}}^2 - 0$$

$$v_{\text{eind}} = 8,387 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{eind}} = 8,4 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

- b Het aantal elektronen per seconde bereken je met de stroomsterkte en de lading van een elektron. De stroomsterkte bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 10 \text{ kW} = 10 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 20 \text{ kV} = 20 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } 10 \cdot 10^3 = 20 \cdot 10^3 \cdot I$$

$$I = 5,00 \cdot 10^{-1} \text{ A}$$

Per seconde stroomt door de draad $5,00 \cdot 10^{-1} \text{ C}$ aan lading.

$$n = \frac{5,000 \cdot 10^{-1}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,1210 \cdot 10^{18} \text{ elektronen per seconde}$$

$$\text{Afgerond: } n = 3,1 \cdot 10^{18}$$

- c Het aantal kg koelwater dat per seconde langs de anode stroomt, bereken je met de hoeveelheid warmte die per seconde moet worden afgevoerd. De hoeveelheid warmte die per seconde moet worden afgevoerd, bereken je met het rendement van het röntgenapparaat.

$$\eta = \frac{P_{\text{afvoer}}}{P_{\text{in}}}$$

$$\eta = 0,99 \text{ want slechts 1\% wordt nuttig gebruikt.}$$

$$P_{\text{in}} = 10 \text{ kW} = 10 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\text{Invullen levert: } 0,99 = \frac{P_{\text{afvoer}}}{10 \cdot 10^4}$$

$$P_{\text{afvoer}} = 9,9 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Er moet per seconde $9,9 \cdot 10^3 \text{ J}$ aan warmte worden afgevoerd.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 11})$$

$$\Delta T = \Delta t = 80 - 20 = 60 \text{ K}$$

$$9,9 \cdot 10^3 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot m \cdot 60$$

$$m = 3,94 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

Er moet afgerond $3,9 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$ per seconde aan koelwater langs de anode stromen.