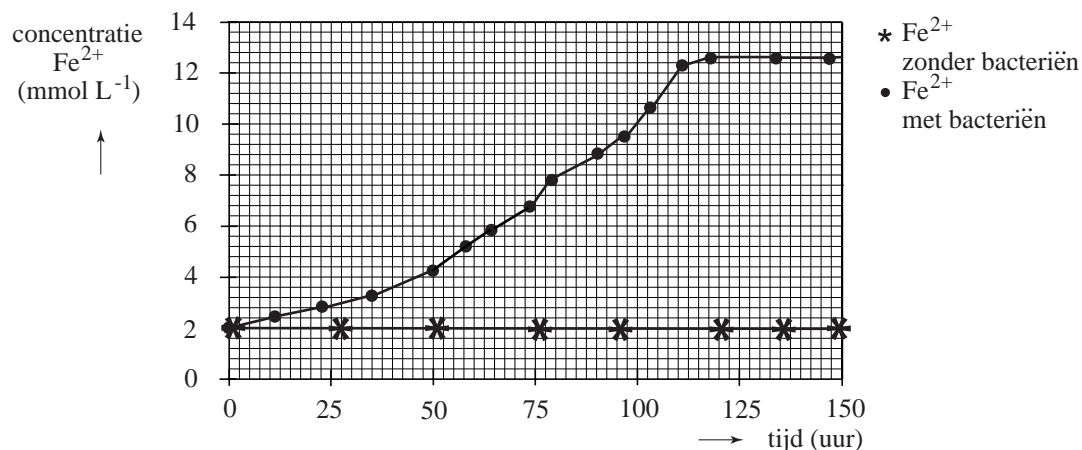
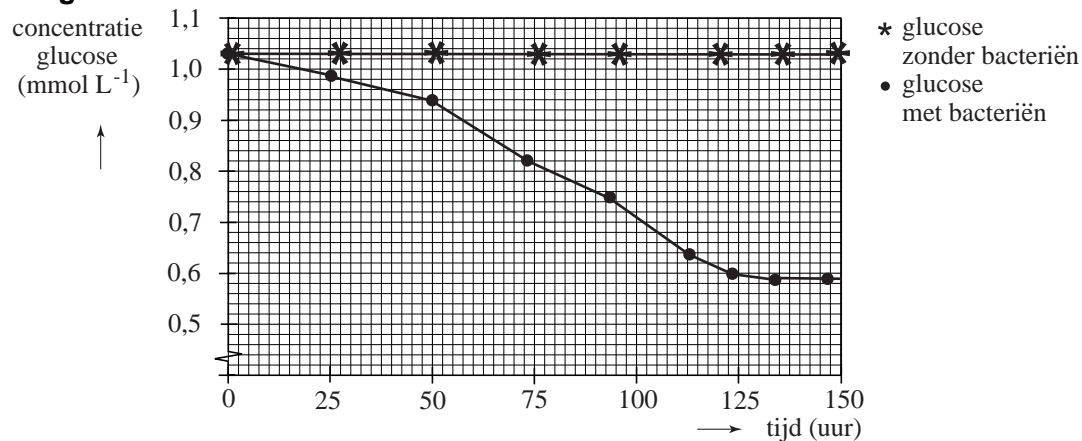


## Biobrandstofcel

De bacterie *Rhodospirillum rubrum* leeft in anaëroob milieu (zuurstofloze omstandigheden). Voor zijn energievoorziening zet deze bacterie glucose om tot onder andere koolstofdioxide. Bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide is glucose reductor. Als oxidator in het anaëroobe milieu treedt  $\text{Fe}^{3+}$  op, dat wordt omgezet tot  $\text{Fe}^{2+}$ . De reactie, en de functie van de bacteriën daarbij, is onderzocht. Daartoe werden proeven uitgevoerd waarbij glucose-oplossingen en oplossingen met  $\text{Fe}^{3+}$  werden samengevoegd zowel in aanwezigheid van de bacteriën als zonder bacteriën. Zonder bacteriën treedt geen reactie op. De onderzoeksresultaten van een proef met bacteriën en een proef zonder bacteriën zijn verzameld in de onderstaande twee diagrammen.

### Diagrammen



Uit de diagrammen kan worden afgeleid dat per molecuul glucose bij de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide, 24 elektronen vrijkomen.

- 2p 1 Leg dit uit met behulp van gegevens uit de diagrammen. Ga ervan uit dat de afname van de hoeveelheid glucose alleen wordt veroorzaakt door de reactie met  $\text{Fe}^{3+}$  en dat de toename van de hoeveelheid  $\text{Fe}^{2+}$  alleen wordt veroorzaakt door de reactie met glucose.

Men heeft onderzocht of de omzetting van glucose door *Rhodoferax ferrireducens* kan worden gebruikt in een elektrochemische cel om stroom op te wekken.

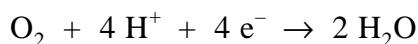
De elektrochemische cel bestaat uit twee halfcellen.

De ene halfcel van de elektrochemische cel bestaat uit een poreuze elektrode van grafiet die is geplaatst in een gebufferde glucose-oplossing. Op en rond de elektrode bevinden zich de bacteriën. Om te voorkomen dat zuurstof in de oplossing terecht komt, wordt stikstofgas doorgeleid. De pH van de oplossing moet 6,90 zijn. Daarom is aan het stikstofgas wat koolstofdioxide toegevoegd en aan de glucose-oplossing wat  $\text{NaHCO}_3$ . De hoeveelheid koolstofdioxide die aan het stikstofgas wordt toegevoegd is zodanig dat in de oplossing de concentratie koolzuur voortdurend gelijk is aan  $0,011 \text{ mol L}^{-1}$ .

- 4p 2 Bereken hoeveel gram  $\text{NaHCO}_3$  per liter moet worden opgelost om te bereiken dat de pH van de gebufferde glucose-oplossing gelijk is aan 6,90 (298 K).

De elektronen die bij de omzetting van glucose vrijkomen, worden overgedragen aan de elektrode.

In de andere halfcel bevindt zich de oxidator. Dat is in de elektrochemische cel niet  $\text{Fe}^{3+}$ , maar zuurstof. Deze halfcel bestaat uit een elektrode, eveneens van grafiet, die is geplaatst in een bufferoplossing (ook pH = 6,90), waar lucht doorheen wordt geleid. Als de twee elektroden worden verbonden, gaat een elektrische stroom lopen. De zuurstof uit de lucht wordt daarbij omgezet volgens:



De ontstane elektrochemische cel wordt een biobrandstofcel genoemd.

- 3p 3 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking nog  $\text{e}^-$ ,  $\text{H}^+$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor.
- 2p 4 Leid de vergelijking af van de totale reactie waarop de stroomlevering door de biobrandstofcel berust.
- 4p 5 Maak een schets van zo'n biobrandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel en vermeld op de juiste plaats alle stoffen en oplossingen die worden gebruikt, evenals de bacteriën. Geef in je tekening ook aan wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

De cel heeft gedurende een proefperiode van 600 uur een stroom geleverd van  $0,20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$  (A is ampère;  $1 \text{ ampère} = 1 \text{ C s}^{-1}$ ). Van de omgezette glucose werd 83% gebruikt voor de stroomlevering.

- 5p 6 Bereken hoeveel g glucose gedurende de 600 uur van de stroomlevering werd omgezet. Maak bij je berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$ .